



Terre, environnement et climat

Réflexions des groupes transverses :
Changements planétaires
Haute revisite temporelle
Services et systèmes d'information
environnementale : GEOSS et GMES
Moyens d'accompagnement

■ CHANGEMENTS PLANÉTAIRES

Ce groupe avait pour but de préciser comment les données spatiales (présentes, passées et futures) peuvent contribuer à l'étude et au suivi scientifiques des changements planétaires, en particulier la possibilité qu'elles offrent de prévoir les transformations, d'aider à proposer des mesures d'atténuation et de favoriser l'analyse de l'adaptation des milieux ou de leurs résiliences. A partir de là, il s'agissait de définir des priorités en termes de missions spatiales et d'actions du CNES afin de répondre au mieux aux questions scientifiques.

Pour le groupe, il y a changements planétaires quand le comportement observé des variables de l'environnement s'écarte notablement de ce que l'on sait du système Terre et de ses variations passées. Il convient de porter une attention particulière aux changements qui semblent irréversibles à moyenne échéance (notion de durabilité). L'environnement considéré est constitué des différents milieux terrestres : atmosphère, océans, calottes polaires, terres émergées (biosphère terrestre, villes, réserves d'eau ...). Les changements considérés mettent en jeu la vie sur Terre, par exemple à travers la biodiversité, et comportent une importante dimension humaine.

L'enjeu est de renforcer la place des données spatiales dans le suivi des changements planétaires (variations à long terme, multivariées), la compréhension des processus (mesures ponctuelles simultanées et descente aux fines échelles spatio-temporelles) et la modélisation des systèmes. Le contexte des programmes scientifiques consacrés aux changements planétaires est vaste, que ce soit au niveau international (ESSP, GIEC, GCOS, GMES ...) ou national (ANR, organismes ...). Il est clair qu'il faut coordonner les actions à ces divers niveaux, s'insérer dans les programmes en cours et participer de manière active à la réflexion.

Le groupe a relevé les principaux besoins suivants :

- Identifier les variables pertinentes et le moyen d'y accéder depuis l'espace.
- Proposer d'éventuelles nouvelles missions ou de nouvelles utilisations de missions existantes quand cela est nécessaire.
- Disposer d'archives historiques d'observations et de modèles.
- Définir des méthodologies et des métriques pour comparer les observations aux prévisions et pour évaluer les modèles.

Enfin, il a émis un certain nombre de recommandations envers le CNES :

- Susciter des ateliers nationaux sur la thématique « données spatiales et changements planétaires », afin de poursuivre et approfondir la réflexion du groupe.
- Soutenir et favoriser la représentation française (CNES, scientifiques) dans les comités scientifiques internationaux consacrés aux changements planétaires (WCRP, IGBP ...).
- Poursuivre la réflexion sur les pôles thématiques (mesures *in situ* - mesures spatiales, quels niveaux pour les mesures spatiales ...).
- Susciter des écoles d'été où les modélisateurs et les observateurs spatiaux puissent échanger sur leurs pratiques, leurs outils, leurs questionnements autour de quelques thèmes bien définis.
- Valoriser la place du spatial dans les études du changement planétaire (vision homogène au niveau du globe versus limitations).
- Besoin d'un responsable thématique CNES sur le climat ou l'environnement.
- Favoriser la poursuite de la réflexion sur les systèmes d'observation français. Faut-il les étoffer, les pérenniser ? Quelles sont les qualités attendues d'un observatoire pour la problématique changement planétaire ?

■ HAUTE REVISITE TEMPORELLE

1. Enjeux

Une haute revisite temporelle (observations à des fréquences <1 jour) permettrait de répondre à des enjeux importants.

- **Pour l'océanographie** : mieux comprendre les processus de variabilité spatio-temporel du phytoplancton, en particulier en milieu côtier (réponse des blooms aux facteurs environnementaux et à leur modification, prolifération des algues toxiques, modification de la répartition des différentes espèces d'algues, couplage avec la turbulence océanique à sub-méso échelle, rôle des marges continentales dans le cycle du carbone, dispersion des polluants ...) via l'observation de la « couleur de l'eau ».
- **Pour les surfaces continentales** : mieux comprendre le fonctionnement de la végétation naturelle et anthropisée (forêts, agriculture), des milieux aquatiques, des territoires ... à la fois sur les cycles diurnes, les cycles saisonniers, les évolutions interannuelles et les changements brutaux d'état. Développer la capacité de renseigner des phénomènes transitoires rapides (ex. risques naturels : feu, inondations). La possibilité de couplage de la très haute résolution spatiale (THR) avec la haute résolution temporelle permettrait aux scientifiques d'améliorer significativement la description, la compréhension et la modélisation du fonctionnement de la végétation.
- **Pour le littoral** : l'évolution du trait de côte (interface océan- surface continentale).
- **Pour la chimie atmosphérique** : documenter les processus chimiques pilotant la qualité de l'air, à une résolution temporelle adaptée à la courte durée de vie des espèces d'intérêt et en documentant leur cycle diurne. Ceci permettrait d'assurer par ailleurs la surveillance et la prévision de la qualité de l'air par assimilation de ces données dans les modèles de prévision et d'estimer de façon plus précise les émissions.

La nécessité d'une revisite temporelle élevée se justifie par le besoin de suivi de phénomènes :

- Résoudre le cycle diurne (cycle inférieurs à la journée) ;
- Besoin de produire des synthèses propres permettant de minimiser la couverture nuageuse (une fréquence d'observation élevée doit permettre de réduire la période entre 2 synthèses).
- Détecter et suivre des événements rapides (de l'ordre de l'heure).

2. Les spécifications

L'observation spatiale permet la revisite temporelle élevée à partir d'orbites particulières. Il y a néanmoins un compromis à trouver entre l'étendue du domaine observé, la résolution spatiale, le nombre de canaux et la fréquence de prise d'images.

Les spécifications nécessaires pour répondre aux enjeux propres à l'océan, aux surfaces continentales et à la chimie atmosphérique ne sont malheureusement pas les mêmes.

- **Couleur de l'océan et des zones côtières** : résolution 200-500m, revisite 1-2h, proche UV - proche IR, 8-15 bandes spectrales, intérêt global (couverture minimale échelle d'un bassin).
- **Végétation et littoral** : résolution 10-30m (pour visible et proche IR), 50-80m (pour IRT), revisite 1-2h, 10 bandes spectrales, couverture : Europe + Méditerranée + Afrique du nord.
- **Domaine des risques** : résolution 20m, revisite horaire, 8 bandes spectrales, IR Thermique à 80m
- **Qualité de l'air** : résolution spatiale de 5-10 km, revisite 30mn-1h, résolution verticale 2 à 4 niveaux dans la troposphère (résolution spectrale de 0.1 cm⁻¹), couplage UV-IR, couverture continentale.

3. Faisabilité

Des études ont permis de comparer les avantages respectifs des solutions GEO (géostationnaire) versus LEO (orbite terrestre basse) pour les applications « océan » et « surface continentale » :

- à couverture équivalente (couverture globale, revisite horaire, résolution horizontale donnée), les avantages du GEO par rapport au LEO sont nombreux : coût, durée de vie, réactivité. Par contre, le LEO permet d'observer les hautes latitudes ce qui n'est pas possible avec un GEO.

- En général, les missions GEO et LEO sont complémentaires : couverture globale à faible revisite temporelle pour le LEO, complétée par la couverture d'une région d'intérêt avec une revisite temporelle plus élevée pour le GEO.
- la configuration GEO permet des observations en IR thermique de jour comme de nuit.

La possibilité d'une mission géostationnaire couvrant plusieurs besoins (océan et surface continentale, océan et chimie) a été envisagée. La combinaison de deux missions demande une certaine vigilance. Les risques sont :

- que l'une des deux missions soit moins mature que l'autre et retarde la mise au point de l'ensemble ;
- que la combinaison des deux missions implique une trop grosse plateforme ;
- que la combinaison des deux missions oblige à faire des compromis désastreux en termes de qualité des observations ou d'adéquation finale avec les objectifs scientifiques.

L'association de missions géostationnaires couvrant les besoins de l'océanographie et des surfaces continentales apparaît difficile du fait des résolutions spatiales différentes (300m / 20m). Le choix d'une résolution de 20x20m réduit de plusieurs ordres de grandeur (facteur 15x15) la surface observée et/ou la répétitivité des mesures par rapport à une résolution de 300x300m. Couvrir les besoins de ces deux communautés impliquerait donc de définir une résolution, une répétitivité et une zone d'intérêt communs aux différents champs de recherche.

Combiner sur une plateforme GEO un ensemble dédié à la fois à la qualité de l'air et à la couleur de la mer est une solution qui poserait moins de problèmes en termes de choix de résolution, mais qui nécessiterait également de trouver une zone d'intérêt commune.

Le projet NASA GEOCAPE (échéance env. 2020) a retenu cette idée d'association pour l'observation de l'ensemble du continent nord-américain et de ses côtes. Un projet similaire au niveau du CNES serait complémentaire pour ce qui est de la couverture (par exemple, couverture de l'Europe et de ses côtes). Le lien éventuel avec la NASA permettrait peut-être de restreindre les coûts d'étude.

Un autre moyen d'avoir des synergies intéressantes d'un point de vue scientifique serait d'avoir des missions dédiées et optimisées, ce qui n'empêche nullement ensuite de combiner les observations.

4. Conclusion

La haute répétitivité temporelle a été demandée dans tous les groupes thématiques (propositions OCAPI, TerraSat et ORQA en réponse à l'appel à idées) et apparaît parmi les priorités des groupes océan et surfaces continentales.

En l'état actuel des technologies, la solution géostationnaire ouvrirait des champs d'observables aujourd'hui inaccessibles et des voies de recherche encore insoupçonnées. En particulier, la résolution de 20m est réalisable et constituerait une innovation technologique majeure. La mission géostationnaire pourrait ainsi être une mission à la fois scientifique et d'avancées technologiques, dont les prolongements opérationnels ultérieurs en matière de gestion de l'environnement et des territoires pourraient révolutionner le rôle de l'Observation de la Terre (comme cela a été le cas pour la météorologie).

SERVICES ET SYSTEMES D'INFORMATION ENVIRONNEMENTALE: GMES ET GEOSS

GMES (Global Monitoring for Environment and Security) est une initiative européenne lancée il y a une dizaine d'années visant à doter l'Europe d'une capacité opérationnelle de surveillance et de prévision de l'environnement global à partir d'observations et d'outils de modélisation des composantes du système Terre. Après la phase de démonstration, GMES doit à présent se traduire par la mise en place de services européens d'intérêt général pilotés par les besoins des utilisateurs et capables de générer en aval des services à façon relevant du secteur commercial. A l'échelle de la Planète, GEOSS (Global Earth Observation System of Systems) a pour ambition de coordonner, au travers d'un réseau flexible, les systèmes d'observation actuels et futurs et de développer des mécanismes d'échange de données afin de rendre l'information environnementale accessible aux décideurs. GMES représente la contribution européenne au système de systèmes GEOSS.

La communauté scientifique a joué un rôle historique dans l'élaboration des connaissances et des méthodes qui sous-tendent la mise en place d'un système pérenne d'observation de la Terre. Cette communauté doit donc pouvoir exprimer ses besoins en fonction des objectifs scientifiques qui lui sont propres, au même titre que les autres utilisateurs des services GMES. Elle doit donc être impliquée directement dans les processus 1) d'identification des observations à acquérir, 2) d'élaboration des outils nécessaires à la transformation des données en produits, 3) de validation des informations découlant du processus et 4) de fourniture des services opérationnels.

L'exercice de prospective a permis d'analyser les conséquences de ces systèmes d'information environnementale sur la stratégie d'observation de la Terre, et les incidences programmatiques possibles de GMES sur les futures missions spatiales du CNES.

1. GMES et la stratégie d'acquisition des observations

GMES va produire un flux d'observations conséquent sur lequel la communauté scientifique va pouvoir s'appuyer. Dans cette perspective, le besoin de continuité des observations de variables-clés doit être réaffirmé comme une priorité absolue, notamment pour la surveillance et la détection du changement climatique et de ses impacts environnementaux, mais également pour la qualité de l'air et les risques associés. Dans tous les domaines applicatifs, apparaît la nécessité d'une observation *in situ* complémentaire aux observations spatiales et d'un accès garanti aux données ou méta-données référencées au sein de catalogues, selon l'esprit de la directive INSPIRE.

Concernant les observations spatiales, il est important de pouvoir anticiper la continuité des missions pertinentes pour GMES, en distinguant, dès les étapes de conception, d'une part les missions dédiées à l'étude ponctuelle de processus, et d'autre part les démonstrateurs et les missions dédiées au suivi de l'environnement sur le long terme. Cette démarche devra renforcer la qualité du transfert entre démonstrateur et mission à long terme. Les missions à vocation opérationnelles devront se concevoir dans un cadre partenarial européen, ou au travers de montages multi-latéraux conçus dès l'origine dans une perspective de pérennisation.

Par ailleurs, les services GMES devront s'appuyer sur les observatoires *in situ* existants, qui devront être coordonnés entre les niveaux national, européen (e.g. à l'instar des initiatives comme EuroARGO, ICOS, IAGOS) et mondial (GEOSS). Un enjeu sera de pouvoir mettre en réseau les observatoires susceptibles de contribuer aux différents champs thématiques relevant de GMES. Un processus de labellisation européen pourrait être adopté pour sélectionner les services d'observation pertinents. Pour les services labellisés, il est important que des moyens et ressources clairement identifiés soient dédiés aux activités opérationnelles, de manière à ce que l'exploitation en routine ne se fasse pas au détriment du potentiel de recherche.

2. Transformation des mesures en produits expertisés à valeur ajoutée

La mise à disposition de produits scientifiquement expertisés, élaborés à partir d'observations, de modèles et de méthodes d'assimilation, est un aspect fortement innovant de GMES qui doit être intégré dans la logique d'ensemble. La fabrication de ces produits repose souvent sur des méthodes qui peuvent prendre des formes différentes, mais avec généralement une base méthodologique commune entre les disciplines.

Il conviendra d'encourager la transversalité des techniques et la diffusion du savoir-faire entre les différents champs applicatifs. Cela suppose de pouvoir maintenir le niveau d'excellence des compétences en assimilation de données, notamment au travers de programmes scientifiques dédiés. Le travail coordonné autour d'outils partagés à l'échelle européenne est également à encourager, tout en veillant à garantir la capitalisation des

développements et de l'expertise au sein de structures clairement identifiées à l'échelon national.

3. Distribution des produits, services et utilisation des informations environnementales

Une politique d'accès libre aux données doit être défendue, ainsi qu'une « démarche qualité » pour garantir la meilleure information possible à l'utilisateur. L'ensemble de l'information (données originales spatiales et *in situ*, produits) devrait être disponible via un portail d'accès unique pour chaque thématique. Dans cette perspective, le positionnement national et européen des pôles thématiques devra être réexaminé afin de dynamiser l'utilisation des données et des produits disponibles. Concernant l'interopérabilité des services, il est important d'investir dans l'adoption de standards au sens de la directive INSPIRE, afin de faciliter le partage d'outils, le « reporting » automatique etc.

Enfin, la formation à l'utilisation des données environnementales devra être intensifiée, par exemple au travers d'écoles d'été ou de cours spécialisés. A l'instar des missions spatiales, la constitution de Conseils Scientifiques et Techniques européens et de « Science Working Teams » thématiques, composés de Pls sélectionnés sur appel d'offres, permettrait de donner plus de visibilité à l'utilisation des produits GMES par la communauté scientifique.

■ MOYENS D'ACCOMPAGNEMENT

1. Les différentes phases d'une mission spatiale

Une mission spatiale doit permettre de répondre à des questions scientifiques explicitées et argumentées. Elle ne se résume pas au simple lancement d'un satellite. Son succès se mesure, *in fine*, à la qualité de l'exploitation scientifique des mesures effectuées qui en est faite. Son déroulement, de sa conception à la fin de son exploitation, est un processus long qui se fait sur plus d'une décennie. En effet :

- Pour pouvoir répondre à des questions scientifiques encore ouvertes, il faut souvent concevoir des instruments nouveaux pour mesurer des paramètres ou variables inaccessibles jusqu'alors ou améliorer la précision et la résolution d'instruments déjà existants. Avant de les intégrer sur un satellite, il est indispensable de tester la validité de ces concepts instrumentaux au sol puis lors de campagnes de démonstration à bord d'avions ou de ballons.
- Lorsque le satellite est en orbite, une phase de validation/calibration est indispensable pour avoir l'assurance que les mesures faites depuis l'espace respectent le cahier des charges défini lors de la conception de la mission. Là encore, des campagnes dédiées sol/avions/ballons sont nécessaires. Dans ce cadre, les observatoires (par exemple, ceux qui sont opérés par les OSU) sont essentiels car ils participent pleinement à cette étape et permettent également de suivre l'évolution possible de la qualité des mesures faites à bord du satellite.
- Une fois cette validation faite, l'analyse scientifique peut débuter. Mais, compte tenu du volume de données obtenues, il faut des moyens informatiques lourds pour pouvoir les traiter et les archiver, voire les réanalyser et les pérenniser. Il n'est pas rare en effet que les algorithmes de traitement des données brutes, permettant d'obtenir les valeurs physiques, évoluent au cours d'une mission. Il est également de plus en plus fréquent de traiter les données de plusieurs missions en synergie pour atteindre des paramètres inaccessibles autrement (l'A-train a été ainsi conçu).

Il faut donc dimensionner dès l'origine tous les moyens nécessaires et les mettre ensuite en oeuvre de façon optimale pour réaliser avec succès toutes ces étapes.

2. Le constat sur la situation actuelle

Nos connaissances augmentant, les missions spatiales sont devenues de plus en plus complexes pour pouvoir répondre aux questions encore ouvertes, mais les moyens, en particulier humains, mis en jeu pour leur exploitation scientifique sont restés pratiquement constants. Il existe aussi des missions opérationnelles (en météorologie par exemple) qui ont également un rôle important pour la recherche et dont le nombre s'accroît, ce qui devrait continuer dans le cadre GMES.

Dans les faits, il existe une palette de pratiques assez large dans les champs thématiques couverts par le TOSCA qui dépend beaucoup de l'ancienneté des communautés concernées. Certaines sont impliquées dans les activités du CNES depuis plusieurs décennies, lorsque les laboratoires dits « spatiaux » ont été créés. Les scientifiques font ainsi un suivi important d'une mission de la phase de conception, jusqu'à l'exploitation des mesures, en passant par une participation plus ou moins lourde aux développements instrumentaux et algorithmiques.

Mais la population des laboratoires spatiaux a vieilli (ils ne sont pas les seuls dans ce cas), le renouvellement s'est fait au mieux *a minima*, en particulier dans le domaine instrumental où le risque d'une perte de capacité d'innovation instrumentale et d'expertise au niveau PI est maintenant fortement à craindre. Or, sans une connaissance technique intime du fonctionnement des instruments et de leurs limites le risque de mal interpréter les mesures est grand.

Pour compenser cette perte, les laboratoires font de plus en plus appel à des CDD. A cet égard, il faut saluer l'effort fourni par le CNES pour les aider. Mais il faut aussi reconnaître que cette solution n'est qu'un pis-aller, un CDD finalement formé remplaçant un autre CDD qu'il faut former pour qu'il devienne « opérationnel » avant de partir. Leur intégration sur des postes fixes d'autres organismes a été plusieurs fois évoquée par le passé,

mais force est de reconnaître que la situation perdure.

Le remplacement des cadres scientifiques et techniques passe aussi par une offre de formations adaptées aux besoins de la recherche spatiale. Ceci concerne bien sûr le domaine instrumental ou les domaines abordés par les laboratoires spatiaux, mais il ne faut pas oublier une catégorie particulière, celle des scientifiques simples utilisateurs finaux de données mises à disposition par les agences spatiales. Toutes ces formations existent peu ou prou. Mais le manque de dialogue entre le CNES et les universités ou les écoles d'ingénieurs (ainsi qu'avec le CNRS et les autres organismes de recherches) ne permet pas de les optimiser. Une conséquence est que le nombre de laboratoires utilisant les données spatiales « évoluées » a peu augmenté. Beaucoup devraient s'y investir, de par leurs thèmes de recherche, mais ne le font pas, entre autres par manque de visibilité du vivier de jeunes formés qui seraient susceptibles d'augmenter et diversifier le nombre de ces cadres.

Le CNES participe à la formation de jeunes via les bourses de thèse qu'il attribue. Il faut clairement reconnaître leur utilité. Beaucoup de chercheurs actuellement en poste dans des organismes de recherche en ont profité. Néanmoins leur nombre apparaît insuffisant et, surtout, leur attribution est devenu complexe et chronophage pour les chercheurs : il faut trouver une autre demi-bourse auprès d'un organisme de recherche dans un processus non phasé avec les contraintes des écoles doctorales avec une sélection finale sur des critères peu explicités.

Le CNES doit à l'évidence s'impliquer dans l'ensemble des domaines que couvre une mission spatiale (phase de conception, développement instrumental, phase de validation/calibration, phase d'exploitation scientifique). Il le fait, même s'il a parfois des problèmes compréhensibles de positionnement vis-à-vis de charges qui ne dépendent pas formellement de lui. Par exemple, il semble qu'environ 50% de l'ensemble des systèmes d'observation sont relatifs au spatial (même si les SO de l'INSU n'ont pas été mis en place dans ce but), ce que le CNES ne peut ignorer. Mais il n'est pas le seul organisme acteur dans la recherche depuis l'espace et il ne peut pas tout faire à lui seul. Il paraît donc clair que les autres organismes, à commencer par le CNRS, doivent également participer pleinement à cet ensemble de tâches et positionner leurs efforts au regard de ce que le CNES consent.

Il faut finalement admettre que l'exploitation des données est insuffisante au vu des moyens mis en œuvre pour le développement des systèmes spatiaux (essentiellement par manque de ressources humaines et de moyen d'accompagnement). Il suffit de regarder quelques missions réalisées en coopération internationale et de compter les publications qui en découlent de part et d'autre (par exemple, celles concernant GOMOS et SCHIAMACHY sur ENVISAT) pour se rendre compte que leur nombre du côté français est relativement faible.

Une des raisons en est le grand nombre des appels d'offres de recherche émis par les différents organismes (CNES, INSU, ANR, ESA, CE...), même si la multiplicité des « guichets » peut avoir des avantages. Monter un projet prend du temps et le succès n'est pas assuré, quand on n'est pas renvoyé d'un appel d'offres à l'autre, la position des organismes ayant changée pour des raisons non perçues par les chercheurs qui finissent par se lasser. Une autre raison en est aussi le trop petit nombre de « Pôles thématiques » ou « Centres d'expertise » qui ne couvrent pas tous les champs de l'observation de la Terre et qui laissent une partie des communautés concernées, les utilisateurs finaux en particulier, sans soutien véritable au moment d'exploiter les observations alors que leur rôle est de drainer et d'arrimer de nouvelles communautés en leur fournissant données et produits facilement exploitables.

3. Les propositions pour améliorer la situation actuelle

Ce constat souligne l'importance d'une stratégie, pensée sur le long terme, tenant compte des différentes étapes d'une mission spatiale.

Cette stratégie ne peut être menée par le CNES seul qui n'en a pas les moyens. Il n'est, par exemple, tutelle que de deux laboratoires de recherche et ne peut donc pas jouer de rôle significatif dans la valorisation des missions avec eux seuls. Il faut donc une « contractualisation » entre le CNES et les organismes de recherche (qui ont bien sûr leurs objectifs propres) autour de chaque projet spatial dès l'origine. Elle doit inclure un engagement de moyens pluriannuels, en particulier de moyens non spatiaux (études en laboratoire, observatoires, campagne de validation), prendre en compte les besoins de formation des étudiants qui seront impliqués dans le futur de la mission, penser à un fléchage des recrutements pour permettre à cette mission d'être effectivement valorisée *in fine* ...

Il faut renforcer la capacité d'innovation sur le plan instrumental. Dans les années 1990, le CNES et l'INSU avaient ouvert un appel conjoint pour l'instrumentation avion et ballon. Tous les projets acceptés n'ont pas débouché sur un succès. Mais plusieurs d'entre eux ont été à la base de missions en cours ou prévues.

Relancer un tel appel d'offres conjoint avec les organismes serait un excellent moyen de mobiliser des jeunes chercheurs et ingénieurs attirés par les techniques spatiales

Il paraît essentiel de formaliser des partenariats avec les universités (et leurs composantes OSU dans le domaine de l'observation de la Terre) pour la formation aux techniques de l'espace et à l'utilisation des données spatiales. Le paysage paraît assez simple pour les sciences de l'océan ou de l'atmosphère, pour lesquelles un petit nombre d'enseignements bien ciblés et visibles existent. Il n'en va pas de même en ce qui concerne, par exemple, l'étude des surfaces continentales qui touche un vivier d'étudiants plus large (géographes, géologues, hydrologues ...) qui poursuivront éventuellement leurs carrières dans la recherche « académique » dans des laboratoires qui ont peu ou pas de contact avec le CNES ou dans des organismes plus « appliqué » où ils seront souvent des utilisateurs dit « finaux ».

L'augmentation du nombre de bourses doctorales est aussi une nécessité pour renforcer le potentiel humain. Mais il faut simplifier le montage de dossier (en concertation avec les universités et leurs écoles doctorales).

Il faut développer la synergie entre « projet spatial » au sens CNES et les utilisateurs, en particuliers ceux dit « finaux ». Le concept de pôle thématique (tels qu'ETHER ou ICARE) même s'il est à l'évidence améliorable (et qu'il faut travailler à l'améliorer), semble avoir prouvé son utilité. Mais ils sont orientés dans des domaines où les chercheurs ont un lien fort avec les instruments mis en orbite. Aucun centre d'expertise n'existe par contre dans les domaines visant les utilisateurs finaux, alors que ces derniers ont un besoin pressant de soutien pour exploiter les produits mis à leur disposition.

Il faut clairement améliorer l'articulation entre les différents appels d'offres lancés par les organismes, voire les diminuer. C'est certainement possible entre ceux du TOSCA (CNES) et de l'INSU (programmes nationaux qu'il gère). Mais il existe d'autres acteurs, en France l'ANR, en Europe l'ESA ou la commission européenne, avec qui un dialogue est nécessaire.

Compte tenu des moyens mis en jeu sur au moins une décennie, il paraît essentiel d'établir après coup un bilan du retour scientifique de chaque mission. Il ne paraît pas normal en effet qu'un tel bilan ne soit pas fait alors que le « retour d'expérience » est un moyen d'éviter de reproduire les erreurs.