

SOMMAIRE

Actualités	1
Produits Theia	3
Stratégie nationale	7
Paroles d'utilisateurs	8
Dispositifs nationaux	9
Problématiques scientifiques	10

Mot des directeurs scientifique et technique

Depuis le premier bulletin de décembre dernier, beaucoup de dossiers stratégiques ont avancé. Tous les acteurs de Theia se mobilisent pour avancer dans la construction du pôle.

Il y a eu l'ouverture de l'archive Spot (Programme Spot World Heritage), la proposition Theia d'un segment sol collaboratif surfaces continentales de Copernicus, la mise à disposition des données Landsat-8 sur la France, l'élaboration d'une vision stratégique pour la création d'une filière institutionnelle d'imagerie optique haute résolution spatiale, la nomination des éditeurs associés pour les différentes thématiques surfaces continentales du site web Theia, et le lancement officiel des centres d'expertise scientifique (CES produits et CES régionaux).

A découvrir dans ce numéro.



Nicolas Baghdadi



Marc Leroy

ACTUALITÉS

Plateforme de réception directe Géosud/Theia

L'Equipex Geosud, adossé au financement complémentaire Contrat de Projets État-Région du même nom et en collaboration étroite avec Theia, met en place une plateforme de réception satellitaire directe œuvrant au bénéfice des communautés institutionnelles françaises utilisatrices de l'imagerie spatiale. L'antenne de réception directe est en cours de construction et sera livrée à la fin de l'année 2014. Érigée à Montpellier à la Maison de la Télédétection, elle permet une réception potentielle de capteurs optiques et radar d'observation de la Terre utiles aux applications attendues dans un cercle d'acquisition allant de l'Atlantique à la Russie, et de l'Islande au sud Algérien.

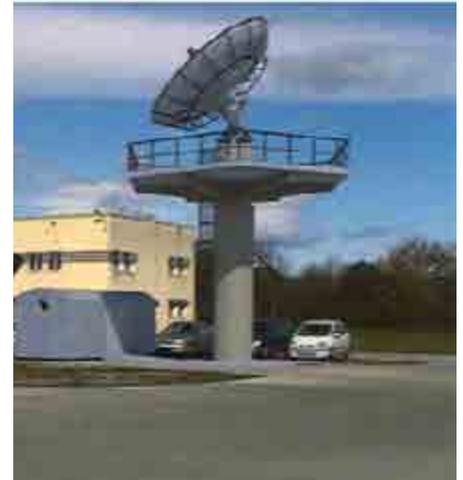
Le premier terminal satellitaire en réception, prévu début 2015, permettra l'acquisition de données optiques de résolution spatiale complémentaire à celles de la mission Pléiades et Sentinelle-2, et aura la capacité de répondre aux besoins exprimés par les acteurs de Theia en termes de programmation à la demande dans le cercle de réception et de couverture annuelle du territoire français. Le dispositif permettra l'acquisition de données dans le cadre de coopérations scientifiques internationales, à l'intérieur du cercle de réception mais aussi potentiellement hors-cercle dans des régions et territoires au Sud

Jean-François Faure
(Espace-Dev / IRD)

Centre d'expertise scientifique Theia

Le 5 février a eu lieu la première réunion des centres d'expertise scientifique (CES) Theia à la maison de la télédétection à Montpellier. Cette réunion a permis de discuter les missions et les objectifs des CES. Les CES sont des laboratoires ou regroupements de laboratoires menant des travaux de recherche et développant des méthodes innovantes autour des données satellitaires sur des problématiques « surfaces continentales ». Les CES appartiennent à deux catégories :

- CES produits (et services) : CES autour d'un produit à valeur ajoutée



Dispositif de réception satellitaire Geosud (Antenne) - Vue d'artiste

avec éventuellement des services associés à ce produit. Ce sont des CES mono ou multi-équipes, distribués sur une ou plusieurs régions. Exemple : CES occupation des sols, CES Albedo ...

- CES régionaux : CES dont la mission principale est de fédérer, d'animer les utilisateurs (scientifiques et acteurs publics) à l'échelle des régions, et de participer aux efforts de formation de la communauté notamment sur des produits à valeur ajoutée développés dans les CES produits. Les CES régionaux devraient avoir une bonne interaction avec les CES produits. Le CES régional assurera la gestion et la coordination des activités menées sur le (les) site(s) atelier(s).

De nombreux CES ont été formalisés avec une description de la contribution des équipes à Theia, une liste d'actions et une feuille de route associée. Un premier séminaire CES Theia est prévu les 16-17 septembre à Toulouse au Cesbio.

Nicolas Baghdadi
(Tetis / Irstea)



Retour sur les Pléiades Days

Les Pléiades Days 2014, co-organisées par le Cnes et Airbus Defence and Space, ont eu lieu les 1, 2 et 3 avril 2014 à Toulouse.

Les résultats des 130 études réalisées lors de la Recette Thématique Utilisateurs Pléiades (RTU), dernière phase du Programme Préparatoire Pléiades ORFEO, ont été présentés (64 communications orales, 64 posters).

La RTU a duré 2 ans, avec 60 entités institutionnelles impliquées (scientifiques et opérationnelles) et 650 images Pléiades (~166 000 km²) acquises sur 171 sites.

Plus de 400 personnes ont participé à cet événement. Les premiers retours reçus sont très positifs en terme de qualité des présentations sur les potentialités de Pléiades pour des applications thématiques/méthodologiques, mais également sur les performances du système (réactivité, agilité,...). Les capacités 3D Pléiades sont tout particulièrement plébiscitées, avec de nombreuses retombées applicatives dans des domaines thématiques divers. (Voir aussi l'article sur Pléiades p.5)

Claire Tinel
(Cnes)



Atelier Copernicus

Theia a participé à l'atelier Copernicus organisé par le Cnes (Hervé Jeanjean) et le MEDDE (Dominique Marbouty) sur les « Segments Sols Collaboratifs » de l'Esa rassemblant des représentants de toutes les communautés de la géosphère le 18 novembre 2014 au Cnes à Paris. Le Pôle Theia s'est organisé pour contribuer à la préparation de la synthèse des besoins de la communauté nationale (scientifiques, acteurs publics, de métropole et des territoires d'Outre-mer) en données des satellites Sentinelles (1, 2 et 3), sur les surfaces continentales de la Terre, et à sa restitution lors de l'atelier national Copernicus sur les segments sols collaboratifs de l'Esa.

A cet atelier, le pôle Theia a proposé un segment sol collaboratif Surfaces Continentales autour de la chaîne de l'information, en lien avec les scientifiques et les acteurs publics (France et Pays du Sud). C'est une infrastructure nationale pour la recherche sur l'environnement et les territoires et ses applications à la gestion et aux politiques publiques.

Nicolas Baghdadi
(Tetis / Irstea)

Nouvelles d'ALOS-2

La date officielle de tir connue à ce jour est le 24 mai 2014. Le satellite ALOS-2 embarque un SAR bande L plus résolu que son aîné ALOS-1, mais laisse

la composante optique. Comme pour ALOS-1, un plan de programmation précis utilisant différents modes (SCANSAR, polarimétrie totale ou partielle, Spotlight, interférométrie, etc.) sur des zones prédéterminées (couvertures parfois globale parfois ciblées), jalonne la future vie du satellite, cette fois par cycles de 14 jours. Lors du premier meeting des Pls au Japon en septembre 2013, le Cnes a défendu 2 super sites susceptibles de déroger à ce plan de programmation pour un meilleur suivi : il s'agit de 2 sites agricoles de la base Kalideos, un sur Midi Pyrénées (suivi de diverses parcelles de l'Observatoire) et l'autre à la Réunion (suivi de la canne et de prairies). On peut espérer des premières données pour ces projets fin 2014.



Satellite ALOS-2 (vue d'artiste) ©JAXA

Philippe Durand
(Cnes)

Données lidar GLAS/ICESat sur la France

Les données LiDAR acquises par le capteur GLAS (Geoscience Laser Altimeter System) sur la France métropolitaine ont été pré-traitées pour une utilisation directe par la communauté scientifique et des acteurs publics. GLAS a été embarqué sur le satellite ICESat (Ice, Cloud, and Land Elevation Satellite) et a fonctionné entre 2003 et 2009. Les empreintes au sol des données GLAS ont une forme quasi-circulaire d'environ 70 m de diamètre et suivant un espacement entre chaque empreinte d'environ 170 m le long de la trace ICESat. Chaque forme d'onde (longueur d'onde dans le proche infra-rouge à 1064 nm) est composée de 544 ou 1000 points échantillonnés dans le temps toutes les ns, soit suivant 15 cm de résolution verticale.

Au total, 451087 formes d'onde ont été acquises sur la France métropolitaine. Des filtres successifs ont été appliqués aux données GLAS d'origine pour éliminer les données aberrantes, contaminées par les nuages ou d'autres artefacts atmosphériques. In fine, seules 34.2% des données initiales ont été conservées (soit environ 370107 données). La base de données GLAS mise à disposition contient un fichier shapefile vecteur avec la localisation

Emprise de l'intégralité du jeu de données GLAS/ICESat sur la France

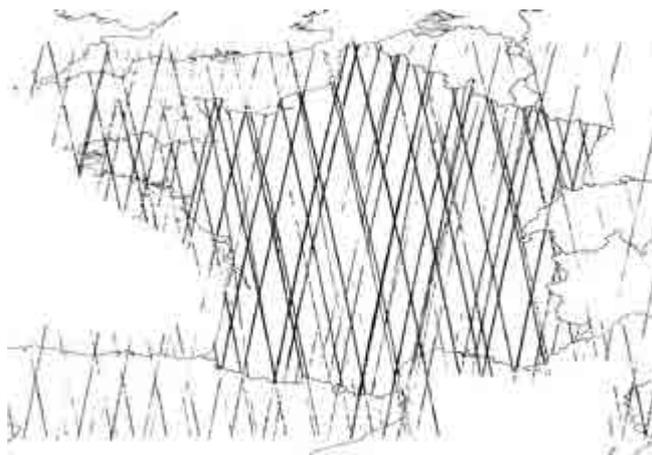
géographique des mesures LiDAR (en latitude, longitude WGS84), la date des acquisitions, les formes d'onde en formats ASCII et jpeg, et de certains paramètres extraits de chaque forme d'onde : www.equipex-geosud.fr/web/guest/donnees-lidar-satellitaire

Nicolas Baghdadi
(Tetis / Irstea)

Geosud et imagerie radar

L'Equipex GEOSUD a engagé une discussion avec les fournisseurs d'images radar, Airbus pour TerraSAR et Telespazio pour Cosmo-SkyMed, pour faciliter l'accès à l'imagerie radar de la communauté Surfaces Continentales. Ce dispositif permet déjà à la communauté scientifique et des utilisateurs de disposer d'images radars nouvelle génération (très haute résolution spatiale et forte répétitivité temporelle) à des prix négociés (moins de 1000€ l'image). L'Equipex encourage les équipes à financer une partie des images, le reste étant pris en charge par l'Equipex GEOSUD. Cependant, certains projets et faute de moyens dédiés à l'achat d'images radar ont été financés à 100% par l'Equipex. L'Equipex GEOSUD a largement communiqué autour de cette initiative et a diffusé un appel à projets au niveau national pour promouvoir l'imagerie radar. Sept projets ont été soumis et acceptés (agriculture, risques naturels, eau, forêt). L'appel d'offre est toujours ouvert !

Nicolas Baghdadi
(Tetis / Irstea)



Le programme « Spot World Heritage »

Avec le passage de témoin vers une nouvelle génération de satellites optiques haute résolution, les deux principaux acteurs du programme Spot ont décidé d'ouvrir l'accès à l'archive ancienne. Le Cnes, qui a développé les satellites Spot 1 à Spot 5, et Airbus Defence and Space (anciennement Spot Image) qui les exploite, ont annoncé, le 17 janvier dernier à l'occasion de l'assemblée ministérielle du Group on Earth Observations à Genève, un accord de partenariat sur le programme Spot World Heritage (SWH).

Au cours des 27 dernières années les satellites Spot ont acquis plus de trente millions d'images qui constituent collectivement une référence scientifique d'une valeur inestimable dans l'analyse de l'évolution de notre planète. Le programme SWH a comme ambition de permettre le traitement et la mutualisation pour tous des scènes jugées les plus importantes. Ainsi, toute personne souhaitant accéder à des images de l'archive Spot pourra, en couvrant le coût, demander la production. Ces images seront ensuite reversées dans un pot commun : le « Spot World Heritage Archive ».

Pour démarrer le programme, uniquement les images de résolution décimétrique et étant acquises il y a plus de 5 ans sont concernées. A terme, le programme pourrait être étendu à

Les premières données Landsat de Theia sont disponibles

Les satellites Landsat fournissent des données à 30 mètres de résolution depuis 30 ans. Depuis 30 ans, ces données sont acquises régulièrement sur toutes les surfaces terrestres avec une répétitivité de 16 jours sur les Etats-Unis, souvent un peu moins ailleurs. Bien que leur répétitivité et leur résolution ne soient pas aussi bonnes que celles de Sentinelle-2, les satellites Landsat 4,5,7 et 8 constituent l'outil idéal pour préparer l'utilisation des données Sentinelle-2 sur de grands territoires, alors que l'expérience Spot4 (Take5) permet surtout de se familiariser avec la répétitivité de 5 jours, sur quelques sites.

Nous avons le plaisir d'annoncer que 4 années de données Landsat 5,7 et 8 sur la France, orthorectifiées et corrigées des effets d'atmosphère sont disponibles sur le portail Theia. Ces données ont été traitées jusqu'au Niveau 2A, et sont donc fournies en réflectance de surface après correction atmosphérique, et accompagnées de masques de nuages. Les données ont un caractère original dans le sens où c'est la première fois que sont distribuées des données Landsat 8 corrigées des effets d'atmosphère sur de grands territoires, et les données Landsat-5 sur la France ne sont nulle part ailleurs disponibles en téléchargement.

Nous venons de diffuser les données Landsat 5, 7 acquises de 2009 à 2011 ainsi que les données Landsat-8 de 2013 et ce n'est qu'un début, puisque le traitement des données Landsat 8 au fur et à mesure de leur arrivée va démarrer. Il est aussi envisageable de réaliser une production limitée de données hors du territoire national pour les besoins de la communauté scientifique.

l'ensemble des données acquises par les satellites Spot. Un premier lot de 100,000 images, actuellement en cours de production, démarrera la constitution d'une base unique de données orthorectifiées, qui sera hébergée au Cnes sur les infrastructures du Pôle Thématique Surfaces Continentales Theia. L'accès à la base SWH s'effectuera gratuitement à travers le portail Theia (www.theia-land.fr) et sera autorisé pour tout utilisateur enregistré pour un usage non commercial. Les premiers produits devraient être accessibles en septembre 2014.



Spot-5

Au-delà de l'usage non commercial qui pourrait en être fait par la communauté nationale, l'annonce du programme au Global Earth Observations traduit la volonté des partenaires de constituer un véritable « patrimoine mondial » en prenant en compte les divers usages de l'imagerie à travers le monde. En sollicitant les besoins et les ressources du GEO et ses états membres, l'archive SWH ainsi constituée devra répondre aux attentes de la communauté internationale institutionnelle.

Steven Hosford (Cnes)

La publication de ces données et les traitements de corrections atmosphériques et de masquage des nuages effectués sont le résultat de plusieurs années de travail, au Cnes et au Cnes, avec le support de nos sous traitants. Nous souhaitons également vraiment remercier la Nasa, l'USGS et l'Esa qui mettent les données orthorectifiées à disposition sans aucune restriction, ce qui nous permet de faire de même au pôle Theia après l'ajout de nos traitements. Les données sont donc disponibles pour tout utilisateur et pour toute utilisation. Utilisez les donc autant que vous voudrez, mais n'oubliez pas de nous dire ce que vous en faites, les critiques nous seront très utiles pour améliorer le service, avant l'arrivée de Sentinelle-2 dont le lancement est prévu dans un an.

Pour en savoir plus : www.cesbio.ups-tlse.fr/multitemp/?page_id=3487

Olivier Hagolle (Cesbio / Cnes)



Interface de commande des données Landsat-8 sur le portail Theia

Corrections atmosphériques et synthèses mensuelles Sentinelle-2

Pour préparer la future exploitation des données Sentinelle-2 au sein du Centre de Gestion et de Traitement de Données (CGTD) Muscate de Theia, le Cesbio développe des prototypes de chaînes de traitement pour la génération des produits de niveaux 2 (corrections atmosphériques) et 3 (synthèses temporelles).

Ces prototypes permettent principalement de (i) mettre au point les algorithmes scientifiques et écrire les spécifications correspondantes; (ii) valider le développement industriel des chaînes opérationnelles qui seront implémentées au CGTD; (iii) produire d'ores et déjà des séries temporelles au CGTD en attendant que les chaînes opérationnelles y soient utilisées.

Plusieurs types de données sont nécessaires pour préparer des chaînes de traitement dans le cas de capteurs qui ne sont pas encore en opération, comme Sentinelle-2. Il faut des données d'entrée représentatives des futurs produits à la fois en terme de formats et des futures scènes observées (les algorithmes devant fonctionner sur la plus grande variété possible de paysages).

Il est en effet nécessaire de disposer en entrée du prototype de données simulées conformes aux formats des futurs produits qui seront traités. Cependant, ces produits étant simulés, ils ne sont pas nécessairement réalistes du point de vue radiométrique.

Des produits aux caractéristiques proches de Sentinelle-2

Pour bâtir des algorithmes scientifiques profitant au mieux des différentes bandes spectrales dont disposera Sentinelle-2, on utilise ainsi essentiellement des produits issus d'autres capteurs, déjà en service, qui ont certaines caractéristiques proches de celles de Sentinelle-2. Les principales données d'entrée actuellement utilisées sont issues de différents capteurs Landsat (5, 7 et maintenant 8) et plus récemment de l'expérience Spot4-Take5, réalisée au premier semestre 2013.

La caractéristique commune, et essentielle, entre ces capteurs, est que tous acquièrent les images sous des angles d'observation constants, ce qui minimise les effets directionnels entre deux dates d'acquisition et permet d'élaborer de nombreux algorithmes dits multi-temporels (consistant à comparer les réflectances acquises à des dates successives).

Les autres caractéristiques importantes sont des résolutions spatiales proches (de 10 à 30 m), des fréquences de revisite plus ou moins comparables (5 à 16 jours selon les cas), ainsi que la présence pour chaque capteur de bandes spectrales proches de certaines de Sentinelle-2.

La similitude entre les bandes spectrales est nécessaire pour tester sur les images de l'un ou plusieurs de ces capteurs les algorithmes qui seront appliqués à Sentinelle-2.

Des prototypes multi-capteurs pour le niveau 2

Une fois les algorithmes sélectionnés et décrits dans les documents de spécifications, le prototype sert à générer des jeux de données de test qui serviront à la validation du développement industriel des chaînes opérationnelles. Ces jeux de test comprennent les données d'entrée, les paramètres de traitement et les données de sorties attendues, algorithme par algorithme. Dès que les résultats entre la chaîne et le prototype sont proches, le travail de validation consiste à déterminer l'origine des différences observées.

Les différences peuvent, en effet soit (i) résulter d'erreurs d'implémentation des spécifications (côté industriel et/ou côté prototype) ou d'autres types d'erreurs qui doivent être corrigées, souvent itérativement; (ii) être résiduelles et sans conséquence (précisions «machine», bibliothèques informatiques différentes)

Données ortho-rectifiées



Niveau 1C

Niveau 2A

Niveau 3A

- a) Niveau 1C : réflectances au sommet de l'atmosphère
- b) Niveau 2A : réflectances de surface après corrections atmosphériques (les nuages et les ombres sont entourés (respectivement en vert et noir))
- c) Niveau 3A : synthèse mensuelle (moyenne pondérée) des réflectances de surface des pixels non nuageux / non ombres (les nuages et les ombres résiduels sont entourés (respectivement en vert et noir))

et donc permettre de considérer l'implémentation de l'algorithme comme valide.

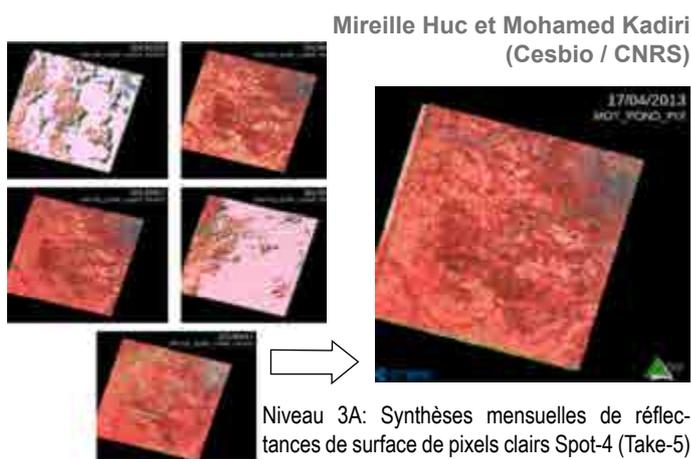
Suivant les algorithmes testés, il est donc nécessaire d'utiliser les images de tel ou tel capteur pour générer les jeux de données.

Le prototype de la chaîne de corrections atmosphériques est donc, par essence, multi-capteurs, comme son versant opérationnel; les bandes spectrales disponibles induisant l'activation ou non, selon les capteurs, de certains algorithmes. C'est par exemple le même prototype du Cesbio qui a permis de générer les produits de niveau 2 Spot4-Take5 et qui est actuellement en cours d'utilisation pour les traitements Landsat sur la France (2013 pour Landsat-8, 2009-2011 pour Landsat-5 et Landsat-7).

Le niveau 3 en cours d'élaboration

Parallèlement à ce prototype de chaîne de niveau 2, le Cesbio développe, avec les mêmes finalités (mise au point des algorithmes, validation, production de données), un prototype pour générer des synthèses temporelles (niveau 3) des réflectances de surface.

L'algorithme de synthèse qui a été retenu, parmi les différents qui ont été testés, consiste à effectuer une moyenne pondérée des réflectances des images de niveau 2 acquises durant la période de synthèse, la pondération dépendant de multiples facteurs tels que, pour ne citer que les principaux, la distance aux nuages, l'épaisseur optique, la proximité de chaque date à la date centrale de la synthèse. Des travaux sur l'élaboration de critères de qualité ont été menés afin de choisir les paramètres de traitement optimaux, qui ont été appliqués sur l'intégralité des données Spot4-Take5. Des travaux sur la prise en compte d'effets directionnels sont en cours, pour pouvoir utiliser, au sein d'une même synthèse, des images acquises sous des angles de visée différents. Enfin, une refonte du prototype est envisagée pour minimiser le volume des données de niveau 2 nécessaires simultanément sur les disques, en générant des synthèses intermédiaires, mises à jour au fur et à mesure des disponibilités des données d'entrée.



Niveau 3A: Synthèses mensuelles de réflectances de surface de pixels clairs Spot-4 (Take-5)

La diffusion des images Pléiades vers les institutionnels français : fin de la phase de rodage, place au développement des usages

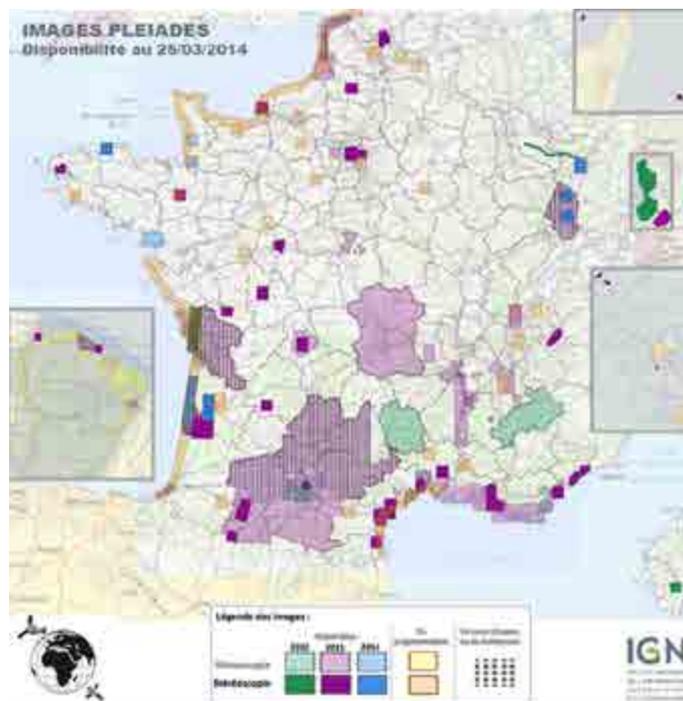
Après deux ans de rodage dans le cadre de la Recette Thématique Utilisateurs, la diffusion des images Pléiades pour les diverses catégories d'Utilisateurs Institutionnels Autorisés (UIA) est maintenant opérationnelle. Deux mécanismes distincts sont en place au niveau français pour traiter les demandes scientifiques, et les autres.

Comme précédemment pour les images SPOT, le CNES met à disposition des moyens d'accès aux images Pléiades, réservés aux scientifiques.

- La communauté scientifique peut s'adresser aux deux pôles thématiques donnant accès gratuitement à des données d'observation de la terre sur les terres émergées : le pôle surfaces continentales THEIA (www.theia-land.fr) et le pôle terre solide ForM@ter, en construction. Ces infrastructures de données donnent accès à une archive d'images Pléiades et à de nombreuses autres données. Elles sont continuellement enrichies par leurs communautés.
- Si les données Pléiades nécessaires ne sont pas disponibles dans les pôles thématiques, tout scientifique peut alors utiliser le programme ISIS (www.isis-cnes.fr). Ce programme CNES promeut l'utilisation de l'imagerie spatiale auprès de la communauté scientifique en lui accordant une subvention pour acquérir ces données. Si le dossier est accepté, le CNES prend à sa charge environ 85% du coût des données, les 15% restants étant à la charge du scientifique. ISIS est accessible à tout chercheur et étudiant travaillant dans un laboratoire ou un institut d'enseignement supérieur Européen.

Les utilisateurs institutionnels français non scientifiques ont comme interlocuteur l'IGN, avec lequel le CNES a mis en place une convention de partenariat autour de Pléiades. En effet :

- Le CNES a confié la distribution exclusive des données Pléiades à Airbus Defence and Space dans le cadre d'une Délégation de Service Public (DSP). Pour une utilisation non commerciale, les UIA bénéficient d'une tarification spé-



Cartographie de la disponibilité des images Pléiades sur la France ©IGN

cifique qui correspond au coût de production de la donnée Pléiades. Cet usage public peut ainsi attendre jusqu'à 40% de la ressource du système. Le CNES est fortement impliqué dans le suivi du bon fonctionnement de cette DSP, en coopération avec l'IGN et Airbus Defence and Space, via le Comité de Suivi de la DSP Pléiades qui réunit les trois acteurs tous les deux mois.

- L'IGN joue le rôle de point focal (images-pleiades@ign.fr) pour le recueil des besoins des UIA en imagerie Pléiades sur le territoire français. Il assure l'interface avec Airbus Defence and Space pour le suivi d'un plan annuel de programmation d'images, défini en début d'année et mis à jour au fil de l'eau. IGN prend aussi en charge la mise en cohérence géométrique avec le RGE® national d'une sélection de scènes adaptées aux spécifications convenues. Enfin, l'IGN gère l'archive d'images Pléiades ainsi géoréférencées et met à disposition de tout UIA tiers, en libre accès, les produits orthoimages et métadonnées associées, moyennant signature de la licence d'utilisation.

Le service Pléiades proposé aux UIA par l'IGN s'appuie à ce jour sur deux budgets : budget interne IGN (en complément de l'aérien), et budget de l'Agence Nationale de la Recherche (projet Equipex-Geosud) pour servir les besoins des acteurs publics. Ceux-ci sont relayés via IRSTEA et Cerema, et via les comités de programmation régionaux, dont la vocation est de mutualiser les acquisitions d'images et les productions d'information géographique. L'enjeu est maintenant de développer l'usage des images Pléiades par les acteurs publics et de mutualiser les coûts associés à leur approvisionnement, sélection et traitement.

Au-delà des images déjà approvisionnées (www.equipex-geosud.fr/web/guest/images-pleiades), les acteurs publics peuvent se rapprocher de l'IGN pour l'analyse de leur besoin, réalisée en lien avec Airbus Defence and Space.



Etang de Thau (Hérault), zone Est, à gauche en couleurs naturelles, à droite en proche infrarouge.

Geosud © Cnes (2013)

Hélène de Boissezon
(Cnes)

Comparaison de MNS Pléiades-LiDAR en contexte agricole (Languedoc-Roussillon)

Dans le cadre de la RTU Pléiades, un Modèle Numérique de Surface (MNS) Pléiades a été constitué à partir d'un couple d'images datant du 06 janvier 2013 acquises sur le bassin de la Peyne, situé dans l'Hérault.

Ce MNS a été constitué grâce à la suite stéréo-photogrammétrique Mic-Mac par l'IGN, sans régularisation, puis ré-échantillonné à 1 m. Les valeurs d'altitude ont ensuite été comparées à celles d'un MNS de même maillage, acquis par un LiDAR aéroporté (système Toposys) en 2001 sur une sous-partie du bassin de la Peyne (5.5 km²) (Fig 1-a).

Pour que cette comparaison fasse sens dans un contexte de forte dynamique paysagère, un masque sur les structures permanentes (routes, chemins, etc) du bassin a d'abord été réalisé, ainsi qu'un recalage en altitude (élimination du biais lié aux différences de références). Sur cette base, des statistiques robustes d'écart entre les altitudes Pléiades et LiDAR ont été constituées, afin de minimiser l'effet des outliers résiduels liés surtout à la différence de dates des MNS.

Ainsi, sur une population de 87000 mailles, l'écart absolu médian observé entre les altitudes Pléiades et LiDAR est de 35 cm, 90% des écarts sont compris dans l'intervalle [-142cm, +110cm] et 50% des écarts sont compris dans l'intervalle [-17cm, +42cm]. La distribution observée des écarts n'est pas une distribution Gaussienne standard (queues moins lourdes), nécessitant l'emploi de statistiques robustes (Fig 1-b).

Suite à un test de Mantel sur un semi-variogramme empirique, une nette et significative structure spatiale de cet écart a été constatée, suivant un modèle sphérique de portée 11.4 m (Fig 1-c). La distribution du champ des écarts est donc une distribution aléatoire de type multi-Gaussienne généralisée, avec corrélation spatiale. Cette caractéristique a des effets principalement sur la manière dont ces statistiques d'écart doivent être intégrées spatialement. Cependant un rendu plus texturé apparaît sur le MNS Pléiades (Fig 1-a).

Cette dernière constatation est toutefois à nuancer compte-tenu de la différence de dates et de saison entre les deux acquisitions et la non-régularisation, volontaire, du MNS Pléiades produit. Ceci dit, la précision altimétrique et la résolution des MNS Pléiades apparaissent d'ores et déjà d'une grande utilité pour la caractérisation des paysages agricoles et l'extraction d'objets et de caractéristiques du paysage (haies, talus, pente des parcelles, etc) (Fig 1-b).

Jean-Stéphane Bailly (Lisah / AgroParisTech),
Nesrine Chehata (Lisah / Université Bordeaux 3)

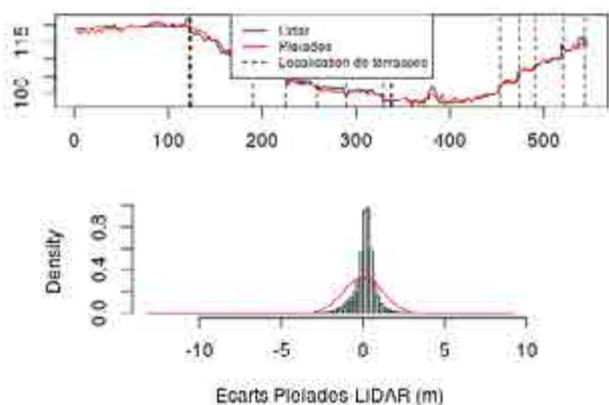


Fig 1. (b) Transect topographique des 2 MNS avec présence de terrasses et histogramme des écarts MNSPléiades-MNSLidar

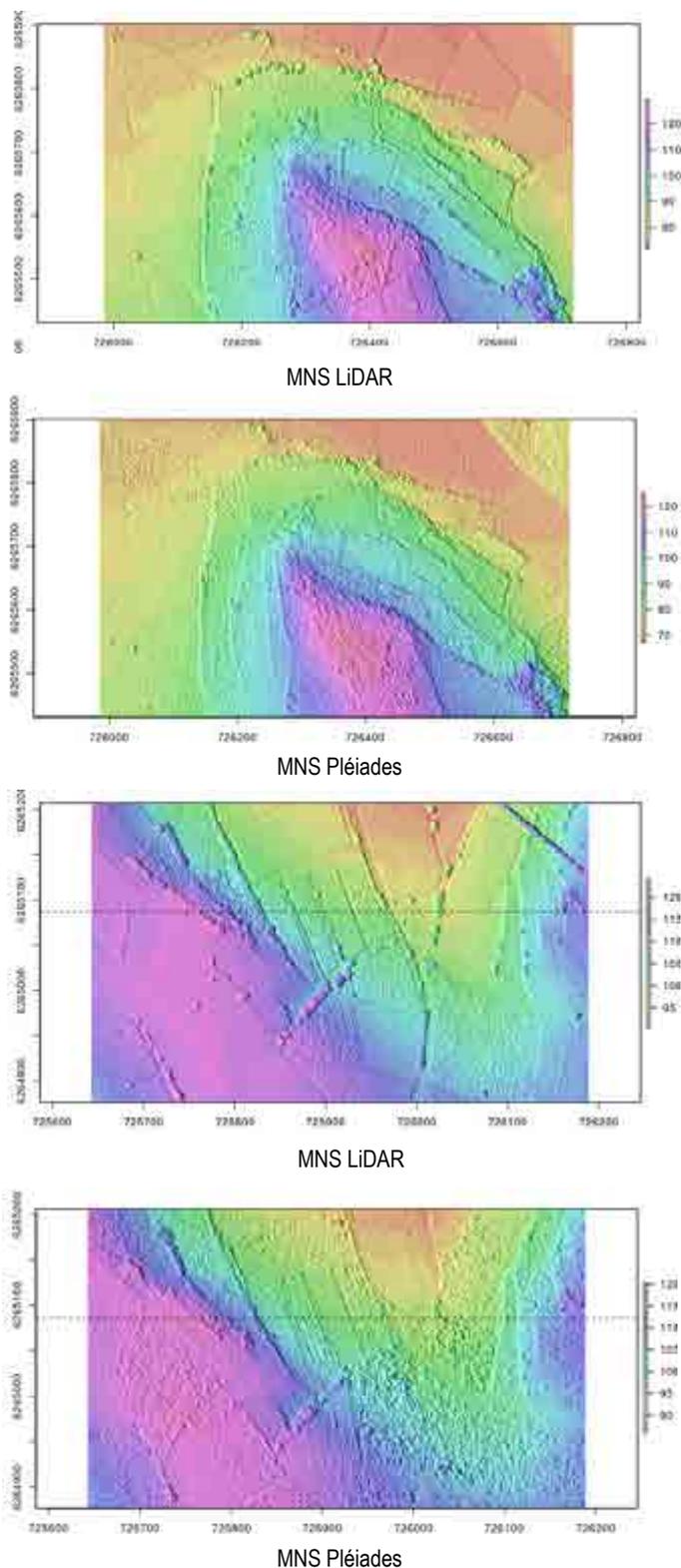


Fig 1. (a) 2 zoms sur les MNS à 1 m LiDAR et Pléiades sur le bassin de la Peyne

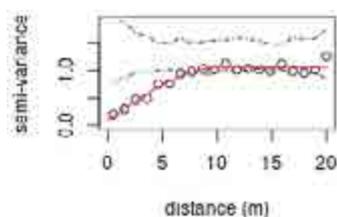


Fig 1. (c) Variogrammes du champ des écarts : empirique (points), modélisé (ligne rouge) et enveloppe de confiance du test de Mantel (lignes brisées).

Le Segment Sol Collaboratif de l'Esa

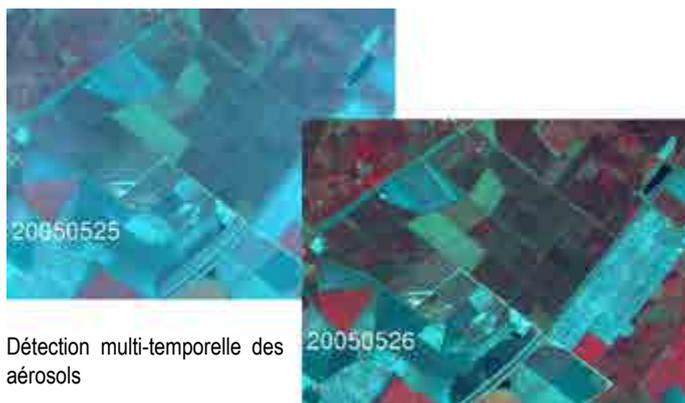
L'Agence Spatiale Européenne (Esa) met en place un système de Segments Sols Collaboratifs dont le but est d'assurer au mieux la diffusion des énormes volumes de données Sentinelles dans les Etats Membres de l'Union Européenne. Sentinelles-1 (radar imageur) est déjà lancé, les satellites Sentinelles-2 (imageur optique à haute résolution) et 3 (imageur optique à basse résolution) seront lancés l'an prochain. Ces trois types de satellites intéressent la communauté nationale travaillant sur le suivi et l'analyse des surfaces continentales. Les Segments Sols Collaboratifs sont des projets élaborés par la communauté utilisatrice au sein de chacun des Etats-Membres, coordonnés par un point de contact national. La description de ces projets permet à l'Esa et aux Etats-Membres de dimensionner l'architecture de diffusion adéquate pour couvrir les besoins de ces projets.

Pour la France, l'institution en charge de structurer la demande nationale en Segments Sols Collaboratifs est le Cnes, lequel a lancé un appel à proposition en automne 2013 de Segments Sols Collaboratifs auprès de la communauté nationale potentiellement intéressée par les données Sentinelles. Le Pôle Thématique Surfaces Continentales Theia a répondu à cet appel en ayant pour objectif la coordination de l'expression des besoins d'observation des surfaces continentales en données Sentinelles de l'ensemble des acteurs institutionnels nationaux.

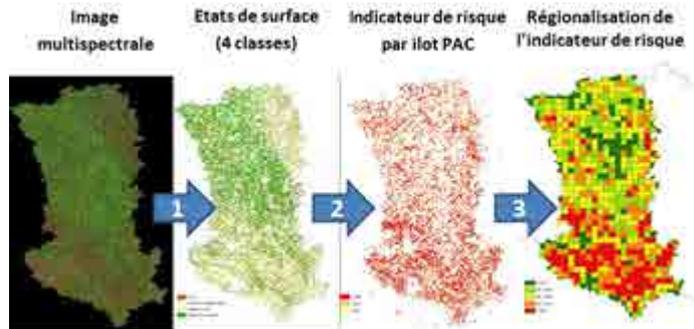
Un projet, trois volets

Un projet de Segment Sol Collaboratif Theia a donc été mis au point. Il inclut trois volets : (1) la production d'images Sentinelles-2 corrigées des effets d'atmosphère et de synthèses mensuelles sans nuages ; (2) la production de produits à valeur ajoutée issus des trois Sentinelles ; (3) des actions d'accompagnement de la communauté utilisatrice.

Le traitement de données Sentinelles-2 sera opéré au niveau 2A (corrections atmosphériques) et 3A (synthèses mensuelles) sur une surface dimensionnée pour être 10 fois celle de la France grâce à un outil opérationnel appelé Muscate, mis en place par le Cnes, avec le support du Cesbio, dans le cadre de Theia. Le prototype de Muscate est décrit par ailleurs dans ce bulletin par Mireille Huc et Mahamed Kadiri. Muscate est conçu pour offrir aux utilisateurs des produits prêts à l'emploi provenant de séries temporelles d'images couvrant de larges territoires. Sentinelles-2 sera au cœur de la production de Muscate, mais d'ores et déjà une version prototype de Muscate a commencé de produire les données Landsat acquises sur la France depuis 2009, les données de l'expérience Take 5 de Spot 4, et les premières images du programme Spot World Heritage (voir l'article de Steven Hordford p.3).



Détection multi-temporelle des aérosols



Carte de densité de couvert végétal et de risque de lessivage des nitrates (Deux-Sèvres, automne 2012)

La seconde contribution du Segment Sol Collaboratif Theia sera la fourniture de produits à valeur ajoutée sur différentes régions du monde, au Nord comme au Sud, répondant à des enjeux scientifiques et sociétaux majeurs (environnement, agriculture, risques climatiques, biodiversité, ...). Ces produits à valeur ajoutée coïncident avec ceux développés par les Centres d'Expertise Scientifique de Theia en cours de construction et décrits plus avant par l'article de Nicolas Baghdadi dans ce bulletin. A titre d'exemples, on comptera parmi ceux-ci des produits d'occupation des sols, de détection de changements, de variables biophysiques végétales, d'albedo, de hauteurs de rivières et de lacs, ...

La troisième contribution sera constituée d'actions d'accompagnement des utilisateurs, actuellement en cours de conception. Elles incluront des actions d'animation de réseaux utilisateurs, des démarches d'identification de besoin, de capitalisation de méthodes, et de formation.



Divers catalogues de formation

Marc Leroy (Cnes)
Nicolas Baghdadi (Tetis / Irstea)

PEPS : la plateforme d'accès au Segment Sol Collaboratif Theia

Le Segment Sol Collaboratif Theia sera lié et articulé à la plateforme nationale PEPS de dissémination de données Sentinelles. La plateforme PEPS, actuellement en cours de conception au Cnes, a pour but la création d'un site miroir national des données Sentinelles, la dissémination des données à la communauté utilisatrice nationale, et la facilitation de l'accès aux outils de traitement des données. Theia sera un utilisateur important de PEPS, puisque ses besoins concernent au moins 10 fois la surface de la France en données Sentinelles-2, probablement la même couverture en données Sentinelles-1, et la couverture mondiale de données Sentinelles-3.

Suivi du riz avec COSMO-SkyMed

Cette étude, menée conjointement par le Cesbio et Telespazio France, s'inscrit dans le cadre du projet Asia-RICE (Asia-Rice Crop Estimation) piloté par Shin-ichi Sobue (JAXA). Asia-RICE est une composante de l'initiative GEOGLAM (Global Agricultural Geo-monitoring Initiative) issue du G20 de 2011. Son objectif est de tester des méthodes utilisant le SAR, notamment en bande X, pour détecter le riz et estimer la production. Le dispositif GEOSUD nous a permis d'obtenir 10 images de la constellation COSMO-SkyMed en mode PingPong (polarisations HH et VV) acquises tout au long de la troisième saison de riz dans le delta du Mékong au Vietnam (mi-août à fin novembre 2013). La qualité des données et la rapidité de leur livraison, le jour suivant l'acquisition, nous ont permis notamment de produire des cartes des rizières très tôt dans la saison et d'estimer avec précision la date de semis, et laissent entrevoir des applications opérationnelles futures.

Alexandre Bouvet
(Cesbio)

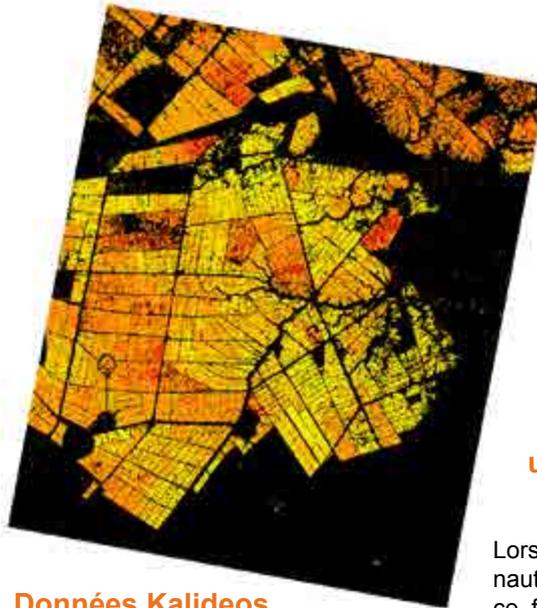
Des services pour les institutions

Dans un objectif de gestion économe des espaces agricoles, naturels et forestiers, le contexte réglementaire impose aux services institutionnels en charge de l'aménagement des territoires une connaissance de plus en plus fine de l'occupation des sols et de son évolution.

L'observation de la terre par satellite entre dans une phase de maturité nouvelle, tant en termes de performances des satellites qu'en termes d'accès à la donnée et aux outils de traitements. Différentes études montrent que des traitements automatiques sur des images satellites répondent à un premier niveau de besoin des aménageurs, dans la mesure où ils sont en capacité de fournir une information fine, homogène, actualisable et pour un coût limité.

Le Cerema s'intéresse à cette approche à travers différentes études exploratoires dont l'objectif est caractériser simplement l'occupation des sols par des méthodes de traitements automatiques d'images satellites et de bases de données exogènes. Ces couches ont vocation à aider les différents services, tout en s'intégrant de manière cohérente au contexte général.

Didier Treinsoutrot
(Cerema)



24-31 Jul
1-7 Aug
8-14 Aug
15-21 Aug
22-28 Aug
29 Aug - 4 Sep
5-14 Sep

Date de semis de riz estimée sur un site d'étude au Vietnam à partir de COSMO-SkyMed pour la saison Automne-Hiver 2013

La donnée satellitaire : un carburant essentiel aux communautés du CNRS

Données Kalideos

A la suite de l'expérience Multispectral Crop Monitoring déroulée en 2010, l'équipe Cesbio a poursuivi ses analyses comparatives Optique/Radar sur de longues durées en utilisant les produits Kalideos optiques (Formosat 2) et les séries radar TerraSAR-X acquises tous les 11 jours en 2013, couplées à des mesures terrain.

Grâce à une méthode de normalisation angulaire de l'amplitude Radar (développée à cause de sa sensibilité élevée à l'angle d'incidence), cette première phase d'expérimentation montre notamment la possibilité d'estimer la hauteur de plantation à partir de la rétrodiffusion Radar. Les résultats (www.cesbio.ups-tlse.fr/fr/mcm.html) sont comparables aux LAI obtenus à partir de l'imagerie optique à condition de prendre en compte deux phases marquées de comportement de la végétation selon que la plante est en phase de développement ou de sénescence.

Si l'impact de la contribution du sol (rugosité, espacements de semis) disperse les mesures tant que le sol est partiellement nu, la méthodologie en développement est prometteuse et les mesures effectuées avec des images radar en bandes X, C et L rendent la méthode compatible avec les missions à venir : Sentinelle 1 et Radarsat-2.

Arnaud Sellé (Cnes),
Frédéric Baup (Cesbio / Université Toulouse III)



Cartographie en bande X des états de sol par TerraSar-X

Lorsque le premier Spot offrit à la communauté des sciences de la terre ses images ce fut une révolution dans notre façon d'observer la terre. Failles actives, littoraux, chaînes de montagnes, étaient enfin observés à une échelle qui permettait de voir la géodynamique, et notamment la tectonique de plaques, à l'œuvre. Au-delà de l'observation directe des processus déjà connus, cette nouvelle façon d'observer a également induit de nouvelles questions et de nouveaux modèles notamment sur les couplages entre géodynamique interne et dynamique de la surface terrestre, ou encore les paradigmes prévalant aux couplages d'échelles d'espace et de temps.

Les grands défis sociétaux auxquels s'attaquent les communautés scientifiques des sciences de l'Environnement du CNRS, et notamment de l'INSU et de l'InEE, sont ancrés en particulier sur notre compréhension des processus dominant les risques naturels, les ressources naturelles en eau, en sol, en biodiversité, et la dynamique du vivant, autant processus couplés exprimés préférentiellement au niveau des surfaces et interfaces continentales. L'imagerie de ces surfaces qui constituent l'observable le plus accessible de la zone critique à la vie devient donc un élément clef de la démarche scientifique dans des domaines aussi divers que la dynamique du trait de côte, l'effet du climat et de l'homme à court ou long terme sur la biodiversité, l'érosion des terres, ou la dynamique hydrique des grands fleuves. Le progrès des sciences de l'environnement et donc notre capacité à aider la société à affronter ces défis environnementaux devront beaucoup à la mise à disposition d'une imagerie de la surface de la terre de haute résolution spatiale et temporelle avec une approche multispectrale permettant de différencier la dynamique du vivant et de l'inerte, pour comprendre la dynamique complexe des surfaces continentales.

Nicolas Arnaud
(Osu-Oreme / CNRS)

Création en Alsace d'une filière partenariale de production rapide d'information territoriale en aval des satellites européens Sentinelles

A²S: Le programme Alsace Aval Sentinelles

Alsace Aval Sentinelles repose en grande partie sur le lancement, qui a débuté en avril 2014, dans le cadre du programme européen Copernicus, de la constellation de satellites d'observation de la Terre Sentinelles. Comme beaucoup, nous sommes convaincus que l'exploitation de cette donnée représente tout à la fois un défi technologique et scientifique, et un potentiel économique certain.

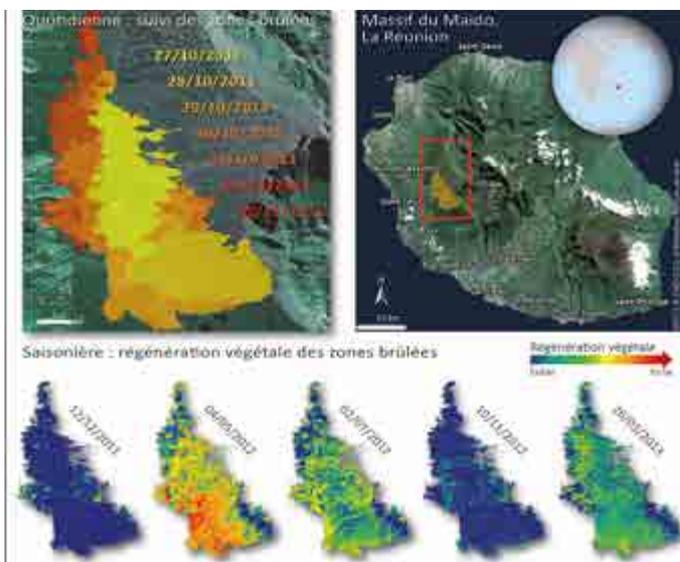
A²S est la réponse alsacienne à ce défi, fondée sur le développement conjoint d'un pôle de recherche régional multidisciplinaire sur les «données images massives», et la mise en œuvre d'un centre de production de valeur ajoutée exploitant les données de télédétection, tout particulièrement celles fournies par la constellation Sentinelles.

Le programme A²S est une initiative régionale conduite par le SERTIT au sein de l'Université de Strasbourg. Il s'intègre dans une infrastructure de données et de services nationale et européenne, dont Theia représente un point de coordination essentiel.

Un axe technique : la réactivité

L'axe technique du programme est la réactivité, il s'agit de construire des outils d'exploitation systématique et synchrone des flux massifs d'images de la Terre.

Le concept générique de produit qui fonde A²S est la détection localisée systématique, à haute fréquence temporelle, des changements naturels et anthropiques se produisant à la surface de la Terre. Les spécifications communes à l'ensemble des produits (géo information) sont les suivantes : i) la matière première est constituée par les observations satellitaires (images) issues des plateformes satellitaires radar et optique Sentinelles ; ii) le temps de production et publication de l'information se fait en temps court, c'est à dire au moins aussi rapidement que la donnée-image est acquise ; iii) la zone couverte par la production est le territoire national, et des territoires choisis, à terme toutes les terres émergées ; iv) la granularité géométrique est celle de l'acquisition des images (décamétrique).



Détection de changements, 2 exemples avec des images Pléiades

La vocation d'A²S est d'alimenter en information géographique fraîche les systèmes d'aide à la décision existants ou à construire, afin de les aider à : i) gérer les événements imprévisibles comme les catastrophes naturelles et technologiques ; ii) suivre l'évolution de l'environnement comme l'état des zones humides, l'état des sols, de la végétation naturelle, mais aussi suivre les productions agricoles, la consommation urbaine de territoires, l'état de la forêt ; iii) surveiller pour alerter et protéger : les grandes infrastructures, les terrains en mouvement, les risques épidémiologiques. D'une manière générale détecter tous les changements lents, rapides, abrupts et/ou cycliques qui affectent les territoires.

Une démarche partenariale

Le développement de ce programme se bâtit sur la base de l'expérience existante à Strasbourg, dans les domaines de la cartographie rapide, du traitement d'images, de la télédétection, des thématiques naturalistes et des sciences humaines et des sciences de l'ingénieur, notamment au sein des équipes du Service Régional de Traitement d'Image et de Télédétection (SERTIT), du Laboratoire des sciences de l'ingénieur, de l'informatique et de l'imagerie (ICUBE, UMR 7357), du Laboratoire image, ville, environnement, (LIVE, UMR 7362), de l'École Nationale du Génie de l'Eau et de l'Environnement de Strasbourg (ENGEES), de l'École et Observatoire des Sciences de la Terre (EOST) et de l'école Télécom Physique Strasbourg (TPS).

Le projet A²S est partenarial : ses forces strasbourgeoises sont complétées par les capacités nationales comme celles présentes au sein de Theia, mais également des coopérations internationales, au premier rang desquelles celles avec nos voisins allemands.

Une ambition : contribuer au développement d'une filière économique

L'objectif du programme est de contribuer à construire dans un cadre national et européen, une filière économique innovante en fondant l'investissement nécessaire sur une logique de partenariat public privé, pour couvrir l'espace entre la recherche et le secteur marchand.

Pour ce faire, le programme A²S met en œuvre 7 projets complémentaires et coordonnés dont l'ensemble constituera à terme un pôle de développement économique installé en Alsace.

Situation du programme

Le partenariat du programme A²S est en cours de constitution : les laboratoires de l'Université de Strasbourg, les collectivités territoriales, les utilisateurs régionaux potentiels sont déjà rassemblés. Ce partenariat est ouvert : les contacts avec nombre de partenaires nationaux sont en cours.

Le «site porteur» du programme est l'Université de Strasbourg, des moyens sont d'ores et déjà apportés par les équipes de recherche partenaires, par l'initiative d'excellence (IdEX) de l'Université de Strasbourg intitulée «Par-delà les frontières». Des moyens spécifiques A²S sont demandés dans le cadre CPER, le plan de financement global pour la période 2015-2020 est en cours d'élaboration avec les partenaires.

Le statut juridique du programme, son fonctionnement et l'organisation de ses différents projets sont discutés au sein du comité de pilotage avec les différents partenaires et financeurs, pour aboutir à son lancement à l'automne 2014.

Bernard Allenbach
(Sertit / Université de Strasbourg)

Altimétrie radar pour l'hydrologie

Les eaux continentales ont un impact majeur sur la vie terrestre et les besoins domestiques. Elles jouent également un rôle important dans la variabilité climatique. Près de 73% de la demande mondiale en eau est fournie par l'eau de surface (rivières, lacs et réservoirs artificiels) et 19% par l'eau souterraine. Dans le contexte du changement climatique et de ses impacts sur les ressources en eau, il est donc très important d'un point de vue sociétal notamment, d'estimer les changements qui pourront affecter le cycle de l'eau continentale.

Cependant les réseaux sol de suivi du niveau des lacs et des fleuves présentent aujourd'hui une situation très disparate selon les régions du globe. Dans beaucoup d'endroits, soit parce qu'elles sont peu accessibles, soit parce que les pays où ces lacs et fleuves se situent sont dans une situation économique difficile ne leur permettant plus d'entretenir des moyens existants, ou ne disposent plus de réseaux de mesure fiables et pérennes, l'accès à cette information est inexistant.

HydroWEB : la télédétection au service de l'étude des niveaux d'eau

Depuis quelques années, les techniques spatiales de télédétection sont utilisées pour l'étude des variations des masses d'eau dans les grands bassins fluviaux à des échelles de temps allant de quelques mois à plusieurs décades. Les avantages des systèmes satellitaires sont bien connus :

- Couverture quasi-mondiale.
- Bonne caractérisation des instruments et bonne homogénéité spatiale et temporelle des jeux de données.
- Bon archivage des données passées.
- Assez bonne garantie (liée aux missions principales de ces systèmes) sur la continuité des mesures et pérennité des données, quelles que soient les évolutions techniques des systèmes qui les fourniront dans le futur.

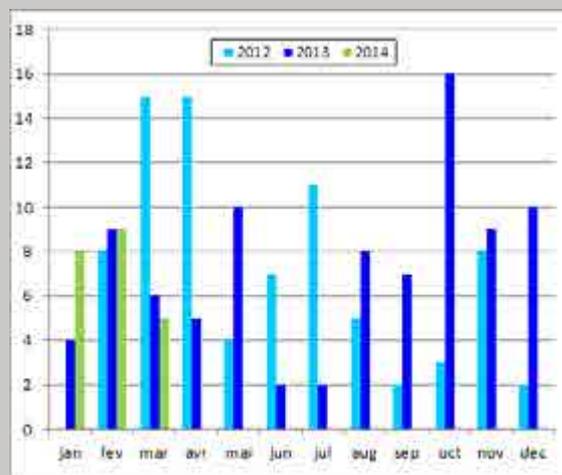
Avec le service HydroWEB (www.legos.obs-mip.fr/soa/hydrologie/HydroWEB), le Legos développe depuis 2003 une base de données de variations des niveaux d'eau sur les lacs et les fleuves du monde à partir de l'altimétrie satellitaire en s'efforçant de couvrir au maximum les grands bassins (fleuves d'Amérique du Sud, d'Asie, d'Afrique, d'Eurasie, grands lacs nord-américains, de la cordillère des Andes, d'Asie centrale ou encore les grands lacs africains). 230 lacs et plus de 1300 « stations virtuelles » (points d'intersection entre une trace de satellite et un fleuve) sur des grands fleuves sont suivis et disponibles dans HydroWEB qui est aujourd'hui le vecteur de diffusion des produits hydrologiques élaborés par le Legos.

Des produits validés avec des données in situ

La qualité des produits délivrés est garantie par de nombreuses comparaisons à des données in situ de niveau d'eau (par exemple sur certains grands lacs ou certains fleuves). Dans le cadre d'une collaboration avec le SHI (State institute of Hydrology) de St Petersburg en Russie, nous avons pu acquérir de nombreuses données in situ sur la Russie qui nous permettent de valider nos produits lacs et réservoirs en particulier. Une comparaison similaire a été récemment faite sur une vingtaine de lacs chiliens et argentins pour lesquels nous avons pu obtenir

Les utilisateurs d'HydroWEB

Le service compte à l'heure actuelle un peu plus de 200 utilisateurs enregistrés pour majorité des laboratoires répartis au quatre coins du monde avec une forte dominante asiatique et européenne.



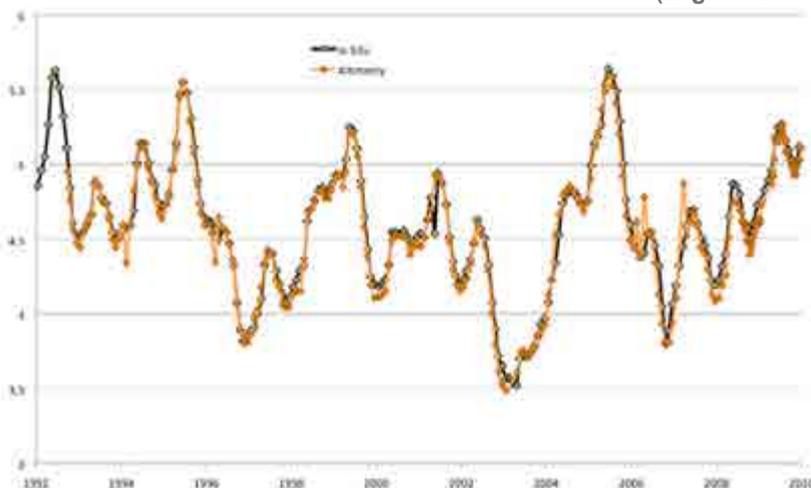
Evolution du nombre d'utilisateurs enregistrés depuis mars 2012

nir de nombreuses données in situ. La précision varie de 2-3 cm RMS pour de grands lacs à quelques dizaines de cm pour de plus petits lacs. Des premières estimations non encore publiées, montrent qu'avec le satellite SARAL, ces précisions sont améliorées de façon très significative. Les données fleuves quant à elles ont pu être utilisées dans divers projets, dont un projet avec un laboratoire indien qui a aussi permis d'utiliser et de valider ces données sur le Gange et le Brahmapoutre.

Par ailleurs, un groupe de travail s'est constitué début 2013 en vue de rendre les chaînes de traitements pour les fleuves et les lacs entièrement automatiques, notamment pour le Jason-2 et AltiKa. Il doit aboutir en 2015 à la mise en place d'un service opérationnel autour des lacs et des fleuves déjà existant dans HydroWEB.

Ce service HydroWEB opérationnel sera hébergé sur le pôle Surfaces Continentales Theia et sera opéré par un industriel avec le Cnes et le Legos en support.

Jean-François Crétaux
(Legos / Cnes)



Comparaison d'une série temporelle sur un grand lac (Ladoga, Russie) avec des données in situ

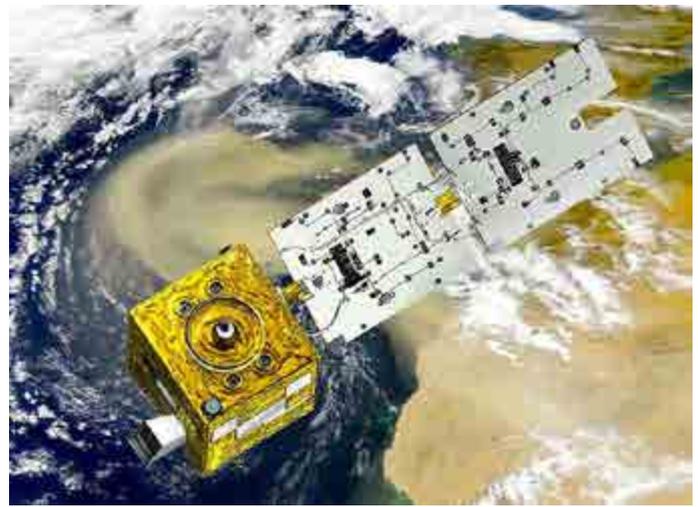
Base de données de signatures directionnelles

La réflectance est la luminance renvoyée par une surface dans une direction donnée rapportée au flux lumineux incident. C'est un paramètre qui dépend des directions solaire et d'observation. Les surfaces couvertes d'eau ont une réflectance très fortement anisotrope avec un maximum très marqué dans la direction spéculaire, et des valeurs proches de zéro en direction de rétrodiffusion. Les surfaces terrestres, au contraire, ont une réflectance plus isotrope avec cependant un fort maximum dans la direction de rétrodiffusion (direction d'éclairage et d'observation coïncident).

La mesure depuis l'espace des réflectances permet de quantifier, par exemple, la présence de végétation et de suivre son évolution. Cependant, les effets directionnels perturbent une interprétation quantitative des variations temporelles. En effet, les instruments qui permettent une observation quasi quotidienne de la Terre, tels que VGT ou MODIS, nécessitent des angles d'observation élevés et variables. Les variations de réflectance liées aux changements de géométrie d'observation sont souvent supérieures à celles liées à une évolution des surfaces. Il est donc nécessaire, pour une interprétation quantitative des mesures, et pour détecter des modifications fines, de mesurer et corriger les effets directionnels.

POLDER, seul instrument à mesurer les BRDF

L'instrument POLDER à bord du micro-satellite PARASOL, qui vient de terminer sa mission après 8 années de service, permet de mesurer les effets directionnels des réflectances de surface. En effet, le champ de vue de l'instrument s'étend non seulement perpendiculairement à la trace, mais aussi le long de la trace. Ainsi, lors du passage du satellite, un point au sol est observé successivement depuis 16 directions différentes. Par ailleurs, on peut combiner les observations acquises pendant une période de synthèses ce qui permet de couvrir l'ensemble des directions potentiellement accessibles (i.e. des angles de vue entre le nadir et environ 60°). POLDER reste le seul instrument qui permet de mesurer ainsi les variations directionnelles des réflectances (que l'on dénomme BRDF pour Bi-directional Reflectance Distribution Functions). Nous avons donc décidé d'extraire des mesures acquises une base de signatures mesurées représentatives de la variabilité rencontrée sur Terre.



Le satellite PARASOL transportant l'instrument POLDER Crédits : Cnes/III. D. Ducros.

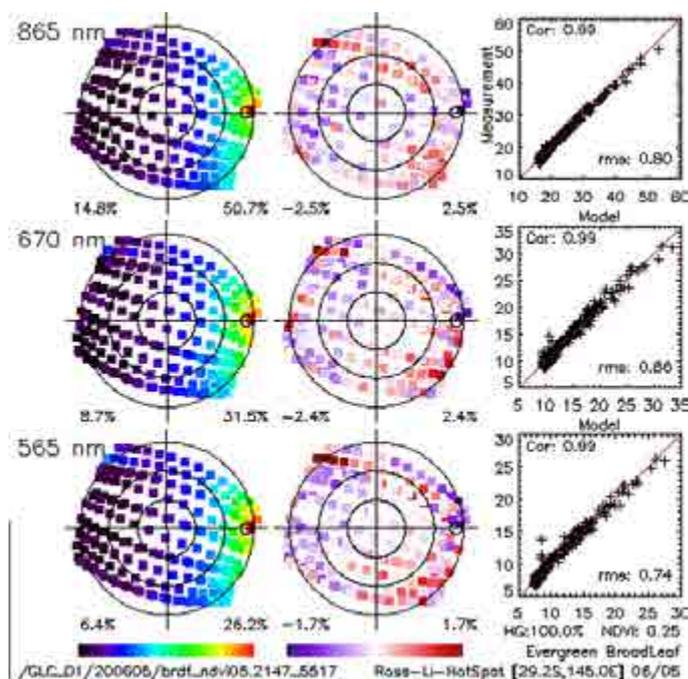
Bien évidemment, nous avons cherché les mesures de la meilleure qualité possible. Cette qualité est affectée par la présence de nuages ou d'aérosols. Par ailleurs, une hétérogénéité spatiale a aussi tendance à bruyé la mesure. De plus, on cherche à avoir des sites pour lesquels un grand nombre de mesures ont été acquises et qui couvrent l'ensemble des directions. Enfin, on veut échantillonner l'ensemble des grands types de surface (neige, désert, forêt de feuillus, forêt de résineux, savane, cultures...) et les différentes bandes de latitude. Nous avons donc défini un critère de qualité et extrait les meilleures cibles disponibles pour les différents types de surface.

Pour chaque cible sélectionnée, nous avons extrait les mesures acquises par l'instrument POLDER et corrigées des effets atmosphériques (absorption gazeuse et diffusion par les molécules et les aérosols). Les mesures sont regroupées par période d'un mois, période pendant laquelle les évolutions des surfaces restent généralement limitées, ce qui permet d'interpréter les variations comme étant essentiellement liées aux effets directionnels.

Afin de faciliter l'analyse de cette base, nous avons aussi développé un outil de visualisation. Cet outil permet de sélectionner les cibles suivant divers critères (types de surface, indice de végétation, période), de visualiser les mesures, et de comparer les mesures aux prédictions de divers modèles développés par la communauté scientifique.

Cette base de BRDF, et l'outil de visualisation associé, a été le produit le plus téléchargé sur le site du pôle thématique POSTEL. Cela montre l'intérêt de la communauté scientifique pour cette information.

François-Marie Bréon
(LSCE / CEA)



La figure ci-contre est un des graphes générés par le logiciel d'analyse des BRDF. Il montre pour 3 des 8 canaux POLDER (les 3 lignes sur le graphique) la réflectance mesurée à gauche, la différence avec la modélisation au centre, et un scatter plot entre valeurs mesurées et modélisées à droite. C'est là un site où l'accord est particulièrement bon. Les gammes de variations des réflectances et des différences modèle-mesure varient entre les canaux et sont donnés en dessous de chaque graphe.

Chaque graphe montre les mesures suivant la direction d'observation. Une visée au nadir est représentée au centre, les cercles indiquent des angles de visée à 20, 40 et 60°. La direction spéculaire (en avant) est à gauche, alors que la rétrodiffusion est à droite.

Estimation de la hauteur et de la biomasse forestière sur des plantations d'Eucalyptus au Brésil à partir de données LiDAR ICESat/GLAS

Des formes d'onde LiDAR acquises par le capteur satellitaire GLAS (Geoscience Laser Altimeter System) ont été utilisées pour estimer la hauteur dominante des arbres et la biomasse forestière des plantations d'Eucalyptus sur une zone d'étude au Brésil (centrée sur Long. : 47°31'-47°38'O et Lat. : 21°29'-21°39'S). GLAS a fourni des données entre 2003 and 2009. Ses empreintes au sol ont une forme quasi-circulaire d'environ 70 m de diamètre avec un espacement entre chaque empreinte d'environ 170 m.

Le site est principalement couvert par des plantations industrielles d'Eucalyptus à croissance rapide gérées par la compagnie « International Paper do Brasil », situées principalement sur terrain plat. La densité des arbres est d'environ 1300 arbres/ha (faible mortalité, inférieure à 7 %) suivant un rythme de coupe de 6 à 7 ans. La productivité annuelle des plantations dépend du stade de croissance, des caractéristiques du sol et de l'utilisation des fertilisants (environ 40 m3/ha/an). A la date des coupes, le volume de bois des troncs est d'environ 250-300 m3/ha et la hauteur typique de la plantation est alors de 20 à 30 m.

Un modèle basé sur des métriques calculées à partir des formes d'onde GLAS a été utilisé pour estimer la hauteur dominante des parcelles (H_{dom}):

$$H_{dom} (m) = 0.9445 W_{ext} - 0.5669 Lead_{ext} - 0.9616 Trail_{ext} + 3.2179 \quad (R^2=0.92)$$

W_{ext} , $Lead_{ext}$, $Trail_{ext}$ (en m) sont respectivement des attributs de forme d'onde : "Waveform extent", "Leading edge extent", et "Trailing edge extent" (Figure 1a). Pour des terrains accidentés, il est nécessaire d'incorporer dans cette relation des métriques locales issues d'un modèle numérique de terrain.

Un modèle de type puissance a ensuite été estimé entre hauteur dominante et biomasse de bois à l'échelle de la parcelle :

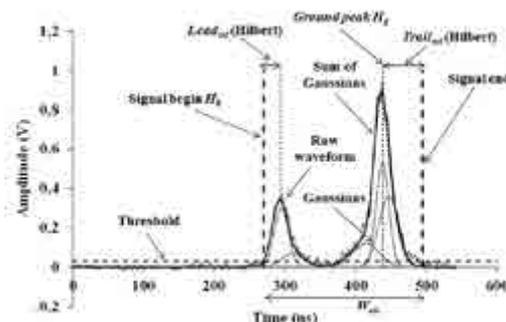
$$B (Mg/ha) = 0.1083 H_{dom}^{2.1387} \quad (R^2=0.85)$$

La comparaison entre les variables estimées à partir de données GLAS et les mesures terrain montre une précision d'environ 1.89 m sur l'estimation de la hauteur dominante (Figure 1b), et d'environ 16.1 Mg/ha (erreur relative d'environ 25.2% de la biomasse moyenne) sur l'estimation de la biomasse (Figure 1c). Avec une erreur sur l'estimation de la biomasse inférieure à 50 t/ha, ces résultats montrent que la précision recommandée par le programme UN-REDD (United Nations Programme on Reducing Emissions from Deforestation and forest Degradation) est au moins atteignable avec des données lidar spatiales dans un cas favorable : avec un terrain à faible pente et sur des couverts homogènes (plantations).

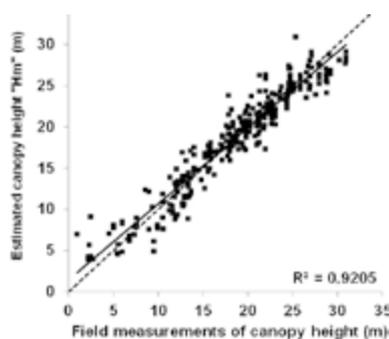
Nicolas Baghdadi (Tetis / Irstea),
Guerric le Maire (Eco&Sols / Cirad),
Jean Stéphane Bailly (Lisah / AgroParisTech),
Yann Nouvellon (USP / Cirad)



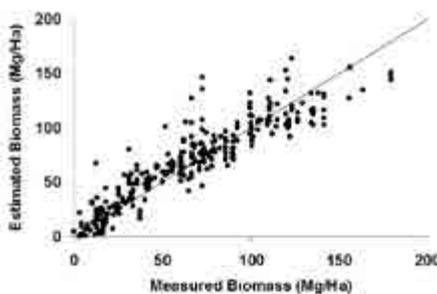
Plantation d'Eucalyptus au Brésil : dispositif expérimental d'exclusion de pluie mis en place par l'Université de Sao Paulo et le CIRAD. (© J.P. Laclau/Cirad)



(a) Forme d'onde GLAS sur une parcelle d'Eucalyptus et les principales métriques associées (1 ns = 15 cm),



(b) Comparaison entre hauteurs estimées à partir de GLAS et hauteurs mesurées



(c) Comparaison entre biomasses estimées et biomasses mesurées.

Bulletin Theia

Directeurs de publication : Nicolas Baghdadi (Irstea) - Marc Leroy (Cnes)

Conception - réalisation : Sophie Al Ayoubi (Theia)

Ont contribué à ce numéro : Bernard Allenbach (Univ. Strasbourg), Nicolas Arnaud (CNRS), Jean-Stéphane Bailly (AgroParisTech), Frédéric Baup (Univ. Toulouse III), Alexandre Bouvet (Cesbio), François-Marie Bréon (CEA), Nasrine Chehata (Univ. Bordeaux IV), Jean-François Crétaux (Cnes), Hélène De Boissezon (Cnes), Philippe Durand (Cnes), Jean-François Faure (IRD), Olivier Hagolle (Cnes), Steven Hosford (Cnes), Mireille Huc (Cnes), Mohamed Kadiri (Cesbio), Guerric Le Maire (Cirad), Yann Nouvellon (Cirad), Arnaud Selle (Cnes), Claire Tinel (Cnes), Didier Treinsoutrot (Cerema)

