

SOMMAIRE

Actualités	1
Au service des usagers	3
Données in situ	6
Occupation et caractéristiques des sols	7
Suivi des eaux continentales	8
Cartographie de la végétation	11

Mot des directeurs scientifique et technique

La première convention Theia (2013-2016) arrive à échéance et nous avons commencé à préparer la convention pour la période suivante, 2017-2020. Le bureau exécutif du pôle Theia a élaboré une note de prospective qui propose une vision pour la période à venir. Parmi les chantiers qui nous attendent, il y a la pérennisation des infrastructures après la fin de l'Equipex Geosud, la préparation à moyen terme de l'infrastructure de Recherche « Observation du Système Terre » regroupant les 4 pôles thématiques de données, le renforcement des réseaux d'animation régionale Theia, l'extension du portefeuille de produits et de services offerts avec en particulier des données aéroportées et in situ, l'ancrage dans les dispositifs européens ...

Grâce à vous, contributeurs et utilisateurs, le pôle Theia avance sur les différents chantiers stratégiques qu'il s'est fixé. C'est une réussite collective qui reste fragile et que nous devons donc consolider.



ACTUALITÉS

Sentinelle 2

Le satellite Sentinelle 2A a passé avec succès les tests de qualification en orbite et la distribution des données a pu commencer en novembre 2015. Le système Sentinelle 2 n'est toutefois pas encore en configuration opérationnelle, et seules l'Europe et l'Afrique sont actuellement observées systématiquement à chaque passage du satellite tous les 10 jours. Les débuts ont été un peu difficiles et un bon nombre d'acquisitions ont été manquées. Ces problèmes semblent rentrer dans l'ordre petit à petit.

Il faudra attendre l'été 2016 pour que cette phase incrémentale se termine, et c'est à la fin de l'année 2016 que le deuxième satellite Sentinelle 2B sera lancé, pour fournir un système au complet avant mi 2017.

Pendant ce temps, les zones qui seront traitées au niveau 2A par Theia (corrections atmosphériques et masque de nuages) ont fait l'objet d'un appel à propositions ouvert à la communauté publique française. Elles viennent d'être choisies et publiées. La production de ces données par le segment sol Muscate devrait démarrer d'ici l'été.

Oliver Hagolle (Cesbio / Cnes)

Spot 6-7

L'accès à l'imagerie Spot 6-7 via la station de réception Geosud de Montpellier et le marché de télémétrie signé par 6 partenaires en juin 2015 sont rentrés dans leur 2ème année de fonctionnement. Un bilan de la campagne 2015 avait été présenté dans le précédent bulletin Theia.

Depuis son entrée en fonctionnement, la station a déjà acquis plus de 1050

segments totalisant 1575 équivalents scène, sur le territoire national mais également dans le monde entier, en particulier pour servir les besoins de la communauté scientifique.

La campagne d'acquisition de la couverture nationale annuelle 2016 a démarré le 1er mars. Elle continue de mobiliser les équipes d'IGN Espace, de la station Geosud et du service de programmation d'Airbus Defence and Space (ADS). A ce jour, 48% des 237 mailles du territoire national (partie métropole et Corse) ont déjà été acquises. Par ailleurs, IGN produira également une mosaïque de la Guyane (espace littoral et fleuves transfrontaliers) à partir d'images d'archives Spot 6-7 de 2015, en activant une tranche supplémentaire de crédits de télémétrie comme l'autorise le marché passé par le consortium de 6 partenaires avec ADS.

La campagne 2016 des nouvelles demandes « d'acquisition sur mesure », soit à partir d'images d'archives ADS, soit par programmation des satellites Spot 6-7, va être lancée. Les demandeurs disposeront d'une nouvelle version du formulaire en ligne commun aux images Pléiades et Spot 6-7 (satelliteimageaccess.eu) qui facilitera l'expression des besoins puis l'instruction des demandes.

Une nouvelle version de l'Infrastructure de Données et de Services Geosud (IDS) a été mise en place début 2016. Elle intègre en particulier un nouveau mécanisme d'adhésion et d'identification unique mis en place à l'échelle de l'IDS Theia dont Geosud constitue une composante. Le transfert et la mise à jour de la base des adhérents (structures, référents, utilisateurs) sur cette nouvelle version de l'IDS Geosud vient de s'achever. En termes de fonctionnalités, elle offre aux adhérents une consultation plus performante du catalogue ainsi qu'une visualisation en



Image Sentinelle 2 de l'Île de Ré et de La Rochelle (26 décembre 2015). © Copernicus data (2015) / ESA

pleine résolution des images (visu et flux WMS) et un téléchargement direct sans passer par un serveur ftp. Les équipes de Geosud sont en train d'intégrer progressivement l'intégralité des images acquises depuis le début du projet. L'archivage pérenne des images au Cines devrait être opérationnel d'ici la fin de l'année 2016.

Enfin, un groupe de travail copiloté par le Cnes et Geosud, associant les pôles thématiques et les partenaires du consortium Spot 6-7, a été mis en place à la fin 2015. Il a pour mandat de proposer des solutions afin d'arriver à un mécanisme national unifié d'accès à un bouquet d'imagerie complémentaire - en priorité les images Pléiades et Spot 6-7 - au service de la communauté scientifique et des acteurs des politiques publiques.

Pierre Maurel (Irstea)

Réunion de présentation du produit occupation des sols

L'animation régionale Theia (ART) Languedoc-Roussillon a organisé une réunion sur le Centre d'expertise scientifique sur l'occupation des sols (CES OSO) qui s'est tenue à la Maison de la Télédétection de Montpellier le 12 avril 2016. Plus de 35 participants étaient au rendez-vous et représentaient la diversité des acteurs régionaux intéressés par le sujet : laboratoires de recherche, bureaux d'études, organismes d'état...

Le CES OSO a été présenté par Jean-François Dejoux, ingénieur de recherche au Cesbio. Il a comme objectif la définition et le développement d'algorithmes automatiques pour la production de cartes d'occupation des sols à partir d'images satellitaires. Le but est de produire chaque année une carte à l'échelle nationale avec une résolution de 10 mètres selon une nomenclature de 15 à 20 classes.

Les échanges ont été fructueux : l'OSO pourquoi, comment ? Quelle nomenclature et comment l'adapter aux particularités méditerranéennes ? Quelle sont les perspectives d'amélioration ? Jean-François Dejoux a bien insisté sur le fait que les calibrations doivent se faire sur des données génériques nationales (Référentiel parcellaire graphique, Bd Topo...) mais que des validations doivent s'établir au regard des occupations existantes dans les régions.

Les acteurs régionaux étaient justement présents pour faire part de leurs expériences et des données existantes sur leurs territoires. Clara Leveque, pour l'association SIG LR, a présenté les différentes occupations du sol existantes en Languedoc-Roussillon et en Midi-Pyrénées et leur diffusion via l'infrastructure de données géographiques régionales IDG. Hélène Durand a montré quelques exemples de produits réalisés par Ali-sé Géomatique sur des occupations du sol locales à échelle très fine avec des niveaux de nomenclature très détaillés. De plus, elle a montré l'apport de ces produits d'occupation du sol pour des besoins aussi variés que des études diachroniques dans la progression de l'urbanisation, la trame verte et bleue ou la concertation pour l'aménagement du territoire. Enfin, Claire Dupaquier de l'UMR Tetis a exposé la complémentarité entre les approches de télédétection (segmentation, classification automatique) et les approches plus classiques de photo-interprétation pour aboutir à une cartographie de l'occupation du sol sur le bassin de Thau de très grande qualité.

C'est cette notion de complémentarité qui marquera cette rencontre puisque le CES OSO n'a pas vocation à remplacer la finesse des occupations du sol réalisées localement mais vient plutôt enrichir la palette d'outils afin de mieux appréhender notre territoire.

Pour aller plus loin :

- WMS : <http://cyan.ups-tlse.fr:8080/geoserver/SudOuest/wms?%2FSudOuest%3AOSOV1%3F>
- Nomenclature : www.cesbio.ups-tlse.fr/multitemp/wp-content/uploads/2016/02/SudOuestMosaic_France2014_V1_ColorIndexedT.html
- Métadonnées et infos : www.cesbio.ups-tlse.fr/multitemp/wp-content/uploads/2016/01/ocs.html

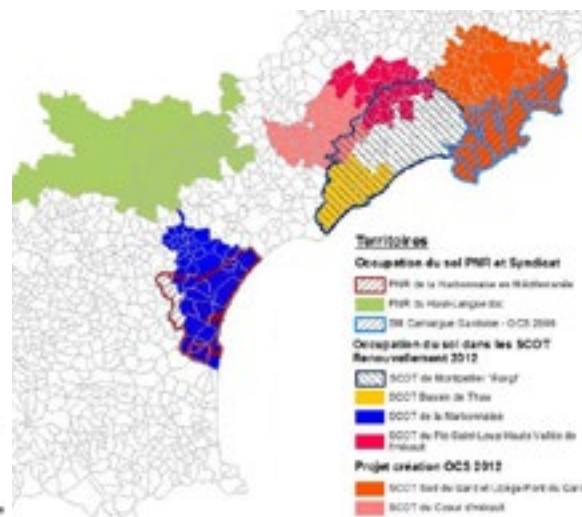
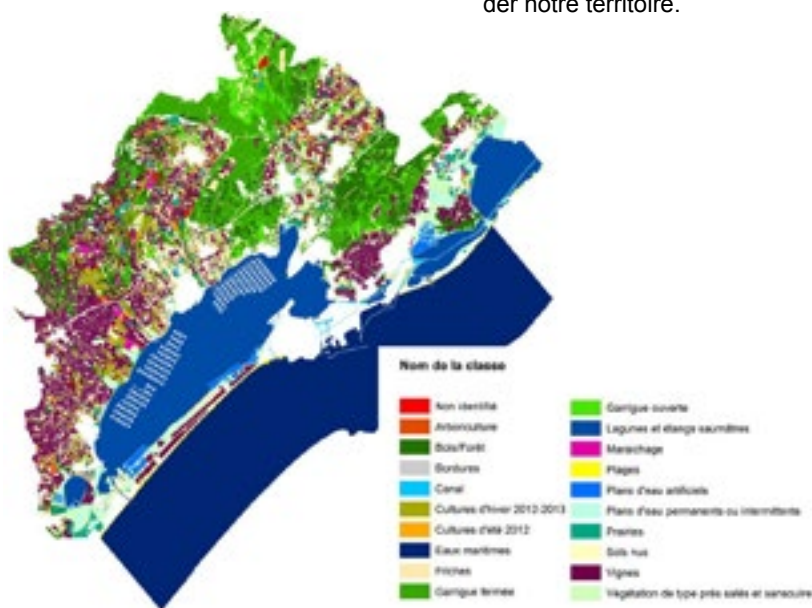
Samuel Alleaume (ART LR)

Journée télédétection en PACA

L'animation régionale Theia (ART) PACA a organisé la journée régionale de télédétection Theia le 24 mars 2016 au technopôle de l'Arbois à Aix-en-Provence, en partenariat avec le Crige-PACA. L'objectif était de réunir les acteurs publics et privés pour valoriser le potentiel de la télédétection et créer une dynamique régionale en vue de faciliter l'usage de la télédétection, les échanges entre les utilisateurs, l'émergence de projets innovants, les collaborations entre laboratoires de recherche et entreprises, le développement d'applications opérationnelles...

Près de 70 personnes étaient présentes à l'ouverture de la séance. Les intervenants (Cnes, Inra, Irstea, Thales Alenia Space, ACRI-HE, Airbus...) ont présenté des données, outils et applications issus de la télédétection aéroportée et spatiale. Les besoins des utilisateurs ont été identifiés et débattus à la table ronde. Une feuille de route sera bientôt proposée pour répondre à la demande des acteurs régionaux. Cette journée fut aussi l'occasion d'annoncer la création prochaine « incendies de forêt » qui sera porté par Irstea.

Philippe Rossello (GeographR)



Cartes des espaces agricoles et naturels sur le bassin de Thau © UMR Tetis 2012

Cartes d'occupation du sol infra-régionales existantes ou en projet en Languedoc-Roussillon © SIG L-R 2012 - IGN DREAL LR

La Délégation de Service Public Pléiades

Airbus Défense & Space opère une Délégation de Service Public (DSP) pour le compte du Cnes, afin de servir de façon privilégiée la communauté des Utilisateurs Institutionnels Autorisés «UIA» (organismes publics, services de l'Etat et collectivités locales) :

- o quota réservé de 40% de la capacité du système,
- o conditions tarifaires correspondant aux coûts d'exploitation du système.

Les UIA peuvent exploiter ces images dans l'exercice de leurs missions de service public, à condition que celles-ci ne revêtent pas de caractère commercial. Un UIA peut avoir recours à un prestataire privé pour l'exploitation des images dans le cadre d'une de ces missions de service public.

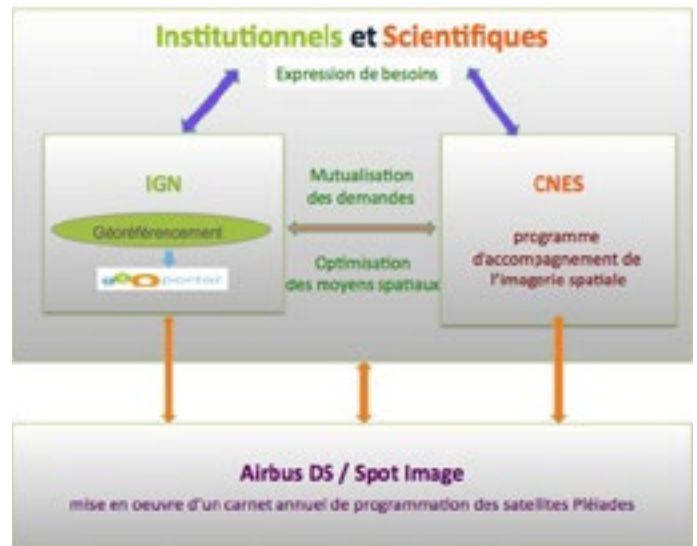
L'acquiescement par un UIA d'une licence DSP sur des produits Pléiades entraîne la gratuité de ces mêmes produits pour tous les autres UIA qui en feraient la demande, moyennant la signature de la licence DSP par tout utilisateur supplémentaire.

La DSP prévoit que le prix acquitté par les UIA est construit sur les coûts d'exploitation et de production. La tarification Pléiades s'établit ainsi pour 2015 (minimum de commande : 100 km²) :

Produit	€/ km ²
Déjà acquis par un UIA	gratuit
Archive AD&S	4,06
Programmation Standard	5,22
Programmation prioritaire	5,90
Stéréo	x2

Au titre d'une convention de partenariat établie avec le Cnes début 2013, l'IGN se charge d'apporter aux institutionnels français des services d'accompagnement à l'utilisation des images Pléiades sur le territoire national :

- o le recueil, l'instruction et le suivi des demandes des utilisateurs (<http://geosud.ign.fr/demandes>)



- o les spécifications, le suivi de programmation des satellites et la qualification des images obtenues
- o le géoréférencement de produits de niveau brut couvrant le territoire national, pour les demandeurs de leur recalage sur le RGE®
- o la gestion et l'archivage des produits géoréférencés sur le territoire national
- o la mise en place d'un portail d'accès à ces produits
- o la mise en ligne de ces produits pour consultation des images en mode visualisation, à la pleine résolution.

Ce dispositif d'accompagnement doit permettre aux acteurs publics déjà utilisateurs du RGE®, de s'affranchir de l'expertise technique propre à l'imagerie spatiale. Les services sont gratuits, mais le coût d'achat des images brutes doit être acquitté par l'utilisateur.

L'IGN exerce son rôle de point focal national pour le recueil des demandes institutionnelles au travers de son centre d'expertise IGN Espace, mais également de son réseau de Directions Interrégionales.

Jean-Paul Sempère (IGN)

ISIS, le programme d'accès à l'imagerie Pléiades pour la communauté scientifique

Pour permettre un accès à coût réduit à l'imagerie spatiale pour la communauté scientifique nationale et européenne, le Cnes opère, depuis la fin des années 90, le programme ISIS. Initialement mis en œuvre pour la famille de satellites Spot, ce programme a été étendu pour inclure les satellites Pléiades en complément à la Délégation de Service Public décrite ci-dessus.



Site internet du programme ISIS

Une demande ISIS est construite autour d'un projet scientifique qui nécessite, pour atteindre ses objectifs, la disponibilité d'une ou plusieurs images. Les étapes de vie d'un dossier ISIS sont les suivantes :

1. Définition d'un dossier de demande constitué d'informations sur le demandeur, le projet scientifique y compris les résultats attendus, le besoin en images.
2. Envoi du dossier au Cnes ou dépôt sur le site satelliteimageaccess.eu en commun avec les demandes Spot 6/7.
3. Analyse du dossier scientifique par le Cnes en s'appuyant sur des avis d'experts.
4. Analyse de la faisabilité technique de réaliser les acquisitions demandées.
5. Validation du dossier / proposition de plan d'acquisition modifié auprès du demandeur.
6. Acquisition et livraison des images.
7. Retour sur les résultats de l'étude envoyés au Cnes.

Toute image Pléiades est éligible à une demande ISIS - elles peuvent être déjà acquises et visibles dans les archives Pléiades (consultable sur geostore.com), ou bien à acquérir dans l'avenir. Une demande peut être complexe impliquant plusieurs acquisitions sur un même passage du satellite, par exemple des stéréos ou tri-stéréos pour générer des produits 3D, ou bien plusieurs acquisitions sur une période spécifiée. Il n'y a pas de limite maximale définie pour une demande ; néanmoins, fonctionnant en « appel à projets » ouvert, le Cnes veille à disposer de suffisamment de ressources pour traiter les demandes tout au long de l'année.

Tout projet doit décrire les objectifs scientifiques et la méthodologie qui sera mise en œuvre pour les atteindre, ainsi que spécifier les résultats attendus, et leurs échéances approximatives. Le Cnes et le programme ISIS doivent être remerciés dans les publications (formulation précise fournie).

Pour les scientifiques français, le Cnes cofinance les coûts associés à l'achat de l'image sur la base des tarifs « DSP » à hauteur de 80% environ. Les tarifs 2016 sont présentés ci-après :

Produit	€/ km ² Labo	€/ km ² CNES
Déjà acquis par un UIA	Gratuit	0
Archive	1,00	3,06
Programmation Standard	1,00	4,22
Stéréo	2,00	x2
Tri-stéréo	3,00	x3

L'accès à l'archive Spot 1-5 est également toujours possible via le site isis-cnes.fr. Dans un souci de simplicité pour les



Nouvelle interface de dépôt de demande d'images (satelliteimageaccess.eu)

utilisateurs, le Cnes et les partenaires du projet Geosud cherchent à coordonner l'accès à Pléiades, Spot 6 / 7 et l'archive Spot 1-5. Ce travail, déjà entamé avec la mise en place d'un site de demande commun à Pléiades et Spot 6 / 7, se poursuivra dans les mois à venir.

Au-delà du devoir du Cnes de rendre accessible pour la communauté scientifique les données acquises par les systèmes spatiaux qu'il développe, y compris les systèmes opérés commercialement, ce programme permet d'amorcer de nouveaux usages des données spatiales. Ce deuxième volet demande souvent de repousser les limites du système et d'expérimenter de nouvelles contraintes pour les acquisitions, ce qui permet d'enrichir l'expérience de l'opérateur commercial du système.

Steven Hosford (Cnes)

Nouveaux sites pour Kalideos

Le projet Kalideos du Cnes vise depuis les années 2000 à développer l'usage scientifique et aval des données d'observation de la Terre en diffusant des séries temporelles sur des sites géographiques multithématiques, et en assurant une animation thématique autour des usages de ces données.

Kalideos vient de renouveler ses sites et sa gamme de capteurs pour intégrer Pléiades, Spot 6/7, les Sentinelles, etc. De nouvelles thématiques sont abordées : glaciers/enneigement sur les Alpes, étalement urbain, biodiversité en Bretagne et Alsace, et enfin gestion globale du risque en Haïti.

Pour cette 2^{ème} phase, l'objectif est de favoriser les recherches pouvant déboucher vers une offre de services aval. C'est un nouveau chapitre qui s'ouvre, avec d'importantes évolutions en termes d'acteurs, de données et d'infrastructure. Les nouveaux sites Kalideos bénéficieront d'une vingtaine d'acquisitions annuelles d'imagerie commerciale (Pléiades, Spot 6/7, TerraSAR-X, Alos-2...) permettant un suivi multi-annuel selon les besoins exprimés par les utilisateurs.

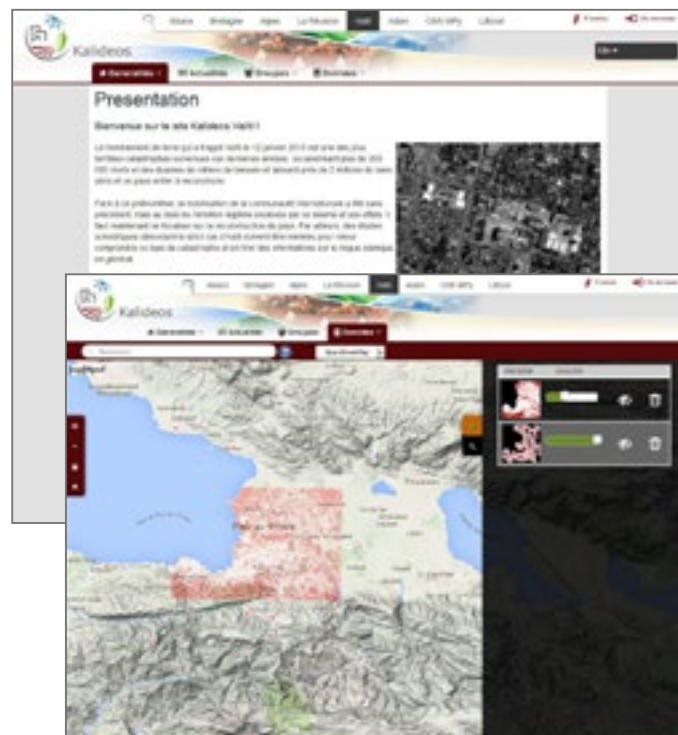
Une ortho-rectification optimale rendra superposables les images acquises et des traitements radiométriques permettront d'obtenir les réflectances de surface au sol.

Une nouvelle infrastructure de données collaborative est mise en place pour faciliter l'accès aux produits, et permettre aux utilisateurs de partager leurs données et résultats pdf, raster, ou vecteur.

Par ailleurs, une animation thématique sera menée pour favoriser les échanges dans la communauté des utilisateurs, monter des réponses groupées aux appels à projets scientifiques et susciter l'émergence de projets multidisciplinaires.

Cette initiative du Cnes se place en contribution aux pôles thématiques de données et de services, notamment Theia et ForM@Ter, et les journées utilisateurs annuelles Kalideos seront organisées en synergie avec les ART.

Catherine Proy (Cnes)



Page de présentation et interface d'accès aux données du site Kalideos

GeoDEV : l'ART pays du Sud

L'IRD (UMR Espace-DEV), le Cirad (UMR Tetis) et le Cnes (programmes environnement continental et hydrologie), se sont associés pour proposer une Animation Régionale Theia - Pays du sud et constituer un réseau de centres de compétences autour de l'observation spatiale. Ce réseau prend le nom de GeoDEV.

GeoDEV accompagnera les pays et régions du sud dans la maîtrise de l'observation spatiale, pour mieux comprendre, mieux gouverner, et ainsi mieux répondre aux enjeux majeurs du suivi de l'environnement dans la ceinture inter tropicale.

Les partenaires du réseau privilégient trois modes d'action :

1. Informer, renforcer les compétences et coproduire des connaissances en télédétection, dans des domaines thématiques prioritaires.
2. Partager des infrastructures de données, des outils et des services de traitement adaptés aux régions et aux thématiques du réseau, par des échanges Nord/Sud, Sud/Nord, Sud/Sud.
3. Co-développer des applications et des produits thématiques au sein de projets de coopération scientifique et institutionnelle en lien avec les CES thématiques Theia.

Le volet « Informer, renforcer, coproduire » a déjà débuté, avec l'organisation de journées GeoDEV pays, rencontres scientifiques liées à l'observation de la terre. Selon les pays et les contextes, les thèmes de ces premières journées revêtent des finalités et des formes de réalisation différentes. Ces thèmes relèvent : de l'accompagnement de l'expression des besoins des communautés utilisatrices, du bilan de capacités ou de compétences en télédétection, du renforcement de capacités et de la formation, de l'accès aux données, des besoins en traitements, des solutions de partage, des usages pour la recherche et des politiques publiques, du développement d'applications ou de services avuls, de la présentation de résultats de recherche...

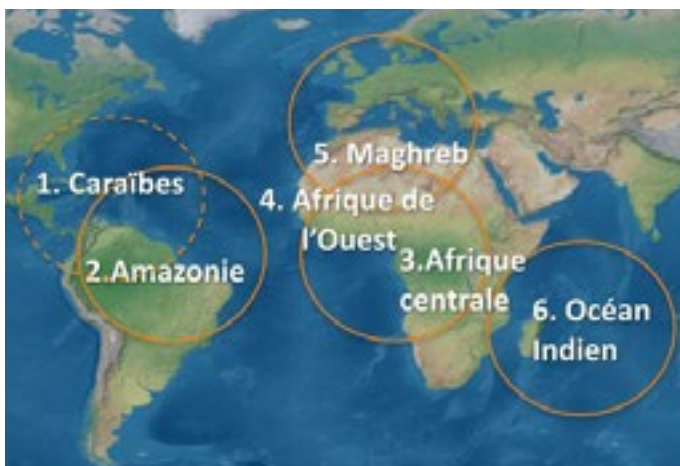
La première journée a eu lieu en Côte d'Ivoire, fin janvier 2016. Une deuxième s'est déroulée au Gabon en avril 2016. D'autres suivront en concertation avec les partenaires du réseau.

Jean-François Faure, Eric Bourland (Espace Dev / IRD)



Image satellite Spot 6 XS 6 m couleur de Port-au-prince, Haïti (9 janvier 2016) ©2015, Distribution Airbus Defense and Space et Geosud, France, Tous droits réservés, Usage commercial interdit

Un réseau, des régions et des thématiques



Caraïbes

1. Ressources en Eau & Agriculture
2. Environnement & Santé
3. Forêts

Afrique de l'Ouest

1. Forêts (dont Objectif REDD+)
2. Agriculture

Amazonie

1. Ressources en Eau & Agriculture
2. Environnement & Santé
3. Forêts

Maghreb

1. Ressources en Eau & Agriculture
2. Forêts sèches

Afrique centrale

1. Ressources en Eau & Agriculture
2. Environnement & Santé
3. Forêts

Océan indien

1. Environnement & Santé
2. Littoral / trait de côte
3. Agriculture

Projet d'intégration des données in-situ au pôle Theia

Le pôle thématique de données est actuellement composé :

- d'une infrastructure de données et de services (IDS) mettant à disposition de la communauté des produits spatialisés ;
- de Centres d'Expertise Scientifique (CES) qui rassemblent des communautés scientifiques pour de nouveaux produits thématiques (réflectance, occupation des sols ...) validés et à haute valeur ajoutée. La liste des CES n'est pas limitative et de nouveaux CES peuvent être créés sur proposition d'une communauté ;
- d'un réseau d'animation régionale Theia (ART) qui permet d'animer et de promouvoir les activités de Theia dans les régions (scientifiques, acteurs en charge des politiques publiques, privés).

Jusqu'à aujourd'hui Theia s'est concentré sur l'accès aux données spatiales. Son infrastructure ne comporte pas de données in situ. L'objectif de cet article est de présenter le projet d'intégration des données in situ dans le pôle thématique Theia, en tenant compte des efforts déployés par ailleurs par la communauté in situ.

Les données in situ identifiées sont de trois ordres :

1. Les données des Observatoires labellisés par les instituts de recherche français.
2. Les données in situ déjà utilisées dans les CES pour développer des méthodes pour aboutir à de nouveaux produits thématiques. Actuellement ces données ne sont pas accessibles sur le portail Theia.
3. Les autres données de sites instrumentés (via par exemple des programmes type ANR, Tosca ...).

Le premier type de données est structuré et archivé, les autres sont plus variables dans leur documentation (métadonnées, qualification) et leur sauvegarde (base de donnée, clé USB ou disque dur) suivant les chercheurs responsables et la politique des organismes financeurs (CNRS, Inra, Irstea, BRGM, ...).

L'objectif de l'intégration des données in situ à Theia est d'avoir un portail unique des données d'observation des surfaces continentales pour les utilisateurs qui permettra un accès transparent aux données quel que soit leur site d'hébergement (centre de données). Un portail qui ne stocke pas les données qui sont



Mesure du profil de température et d'humidité des sols au Bénin © S.Galle



Mesure du bilan hivernal sur le Glacier du Tour Noir par carottages et mesures de densité de neige, France, avril 2013 © Patrick Ginot.

déjà archivées par ailleurs mais qui puisse proposer ce service pour certaines données, avec un niveau de description des métadonnées normalisé. Pour les données déjà structurées, le portail fera le lien sur les bases de données des fournisseurs de données et respectera ainsi leur charte de données (remerciements, période d'embargo). Le pôle permettra l'animation des communautés pour la création de produits de télédétection et in situ à partir des observations de base (figure ci-dessous). Les données du pôle Theia respecteront les critères de conformité et d'interopérabilité notamment pour les métadonnées en lien avec la Directive Inspire.

IDS :	CES :	ART :
Spatial Données in situ • labellisées • Cal/Val • autres programmes	• Produit spatial élaboré à valeur ajoutée • Autres cal/val • Produits 100% in situ (indices ou cartes, ...)	• 6-7 ART • Identifier les centres de données régionaux majeurs pour l'in situ

Pôle Theia dans son développement actuel et apport des données in situ

Les données des Observatoires labellisés par les organismes et établissements de recherche français

Les principaux fournisseurs de données in situ sont labellisés à différents niveaux suivant leur degré de regroupement. Les briques de base sont les « Services Nationaux d'Observation » (SNO) labellisés par l'Insu, les SNO peuvent être regroupés dans des réseaux thématiques dits « Systèmes d'Observation et d'Expérimentation au long terme pour la Recherche en Environnement » (Soere) labellisés par Allenvi. Enfin les « Infrastructures de Recherche » (IR) sont de grands instruments ou des réseaux d'observation qui sont labellisés par le Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche. Dans le domaine des surfaces continentales l'IR « Observatoire de la Zone Critique Applications et Recherches » Ozcar a été labellisé en décembre 2015.

L'IR Ozcar regroupe les Soere et SNO qui observent la zone critique et qui produisent une grande part des observations de long terme des surfaces continentales. Il sera le premier interlocuteur pour l'intégration des données in situ dans Theia. Dans un deuxième temps on capitalisera les données in situ utilisées dans le cadre des CES mais non accessibles sur le portail Theia, et enfin les données in situ des surfaces continentales ne rentrant pas dans les 2 premières catégories.

CES Occupation des sols

Le Centre d'expertise scientifique sur l'occupation des sols (CES OSO) a comme objectif la définition et le développement d'algorithmes automatiques pour la production de cartes d'occupation des sols à partir d'imagerie satellitaire.

En 2015, le CES OSO a produit des cartes prototypes dont l'objectif était double. D'une part, elles ont servi à valider la capacité des algorithmes à traiter de gros volumes de données en un temps compatible avec les délais annoncés (mise à disposition de la carte d'occupation des sols dans les 3 mois qui suivent la fin du millésime). D'autre part elles ont été mises à disposition d'utilisateurs potentiels afin de recueillir des retours d'expérience concernant la qualité du produit et son utilité, lorsqu'il est intégré dans les procédures standards des différents utilisateurs.

Ces prototypes ont été produits avec la chaîne de traitement iota2, développée au Cesbio et qui sera installée dans l'IDS Theia en 2016 pour faire une première production début 2017.

Le 16 février, le CES OSO a organisé une réunion de travail avec les utilisateurs articulée autour de présentations et discussions qui ont permis de :

- donner le contexte du projet CES OSO,
- présenter les spécifications du produit,
- faire une démonstration de produits prototypes et avoir un retour sur leur utilisation,
- aborder l'implication des utilisateurs dans la validation des produits en phase opérationnelle,
- donner un aperçu des évolutions envisagées pour le produit.

Des caractéristiques définies avec les utilisateurs

Malgré les limitations des produits prototypes (élaborés avec des images Landsat 8 à 30 m de résolution et une revisite de 16 jours, au lieu des 10 m de résolution et 5 jours de revisite de Sentinelle 2), les retours des utilisateurs ont été positifs. Ils ont souligné la rapidité de production et de mise à disposition, la diversité dans les thématiques végétales, la continuité géographique avec des territoires voisins et la gratuité.

Certains utilisateurs ont demandé à ce qu'il y ait un support ou



Carte d'occupation des sols de la France de l'année 2014 produit par le CES OSO à partir de données Landsat 8

une formation à l'utilisation du produit. Le besoin d'indicateurs dérivés du produit OCS a aussi été mentionné, mais ce type de produit ne fait pas partie du périmètre des activités du CES OSO.

Enfin, on fait le constat que, à l'heure actuelle, le produit ne répond pas aux besoins des ROM/COM et des territoires du Sud en général. Des activités de R&D au sein du CES OSO sont en cours pour remédier à cela.

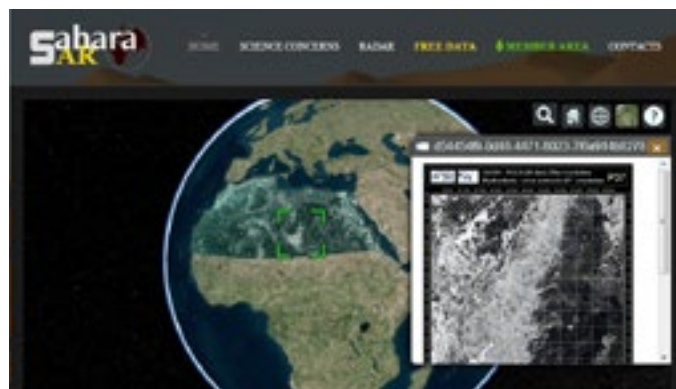
Les caractéristiques finales du produit seront fixées courant 2016 en concertation avec les utilisateurs. Les activités de R&D du CES OSO sont en cours et continueront pendant quelques années. La qualité du produit évoluera, mais la continuité sera assurée via des re-traitements si nécessaire. Ajouté à cela, il faut souligner que les données utilisées ainsi que les chaînes de traitement sont libres/ouvertes. Ceci permet les adaptations pour des besoins spécifiques et rend les utilisateurs qui le souhaiteraient autonomes et non dépendants de Theia.

Jordi Inglada (Cesbio / Cnes)

SaharaSAR

Le projet SaharaSAR a été initié en 2008, en collaboration avec l'agence spatiale japonaise (Jaxa) avec un soutien du Cnes. Dans le but d'étudier la géomorphologie des régions désertiques d'Afrique du Nord, une mosaïque d'images radar du capteur Palsar (bande L, polarisations HH et HV, résolution de 50 m) a été assemblée par le Laboratoire d'Astrophysique de Bordeaux. Ce radar orbital à basse fréquence permet d'imager des structures géologiques anciennes recouvertes par quelques mètres de dépôts éoliens : c'est notamment grâce à la mosaïque SaharaSAR que deux anciens fleuves ont été découverts dans le désert Libyen et dans l'ouest de la Mauritanie. Les applications de ce jeu de données unique concernent aussi bien l'étude des anciens climats d'Afrique du Nord que des préoccupations plus actuelles, comme la cartographie des ressources en eau fossiles.

Les données du projet SaharaSAR sont accessibles via un site web dédié, <http://sahasar.obs.u-bordeaux1.fr>. Il permet de visualiser et de télécharger des cartes Palsar géocodées, par blocs de 1x1 degrés. En superposition des images radar, les cartes indiquent l'information hydrographique HydroSHEDS



Vue de l'interface du site web du projet SaharaSAR.

calculée à partir de la topographie SRTM. L'accès aux données est gratuit et nécessite la création d'un compte indiquant les coordonnées de l'utilisateur ainsi que l'objet de l'étude prévue. Les données Palsar couvrant l'ensemble du désert de Gobi en Asie Centrale sont en cours d'intégration.

Philippe Paillou (Université de Bordeaux)

CES Couleur des eaux continentales

Les derniers mois ont été consacrés à la préparation de l'utilisation des nouvelles missions satellites en menant des travaux de terrain, de modélisation et d'analyses de séries temporelles d'images, sur des sites présentant des caractéristiques complémentaires. La prochaine disponibilité des satellites Sentinelles 2 et 3 va considérablement augmenter l'offre d'images satellites pour le suivi des eaux continentales. Le capteur multispectral de Sentinelle 2 permettra d'observer des plans d'eau aux dimensions réduites (quelques dizaines de mètres de large) et ainsi décupler le nombre de sites observables par satellite pour la thématique « qualité des eaux ». La disponibilité inédite de 3 bandes spectrales, dans la région 700-800 nm du spectre, devrait permettre d'exploiter de nouveaux algorithmes d'inversion. L'excellente résolution spectrale du capteur OLCI à bord de Sentinelle 3 (21 bandes entre 400 et 1200nm) permettra d'observer tous les motifs spectraux caractéristiques liés à la présence de pigments photosynthétiques mais aussi d'utiliser des algorithmes à plusieurs bandes spectrales afin de normaliser les effets minéralogiques ou granulométriques pour le suivi des flux sédimentaires.

Sous l'œil de Spot, Landsat et Sentinelle

Le CES a participé à l'expérience Spot 5 Take 5 en 2015 qui a permis, sur une sélection de sites, de tester la haute résolution temporelle Sentinelle 2 à 5 jours. Deux lacs ont plus particulièrement été analysés, un au Brésil (réservoir de Paranoa) présentant des eaux claires et oligotrophiques, et un autre au Burkina Faso (réservoir de Bagré) avec des eaux hyperturbides liées à des fortes concentrations de matières minérales en suspension. Pour les deux sites, des mesures spectroradiométriques des propriétés optiques apparentes ont été réalisées sur le terrain durant les acquisitions : réflectance et coefficient d'atténuation. Ces données permettront de qualifier la précision des corrections atmosphériques (algorithme Muscate) sur des plans d'eau aux caractéristiques très différentes (faible et fort albédo) mais aussi de développer des algorithmes d'inversion spécifiques. Des données supplémentaires ont été



Image Landsat 8 du Rhône près de la ville d'Arles, où l'Observatoire des Sédiments du Rhône (OSR) maintient une station de mesure des flux sédimentaires. Les données de cet observatoire seront utilisées afin de valider les estimations par satellite mais aussi afin de comprendre comment les produits "couleur de l'eau" peuvent compléter la stratégie d'observation terrain.

Propriétés optiques des eaux d'un bassin versant

La première synthèse des propriétés optiques apparentes jamais réalisée des eaux d'un bassin versant a été publiée en 2015 (Martinez et al. 2015, JGR) grâce aux travaux du CES, démontrant expérimentalement que les propriétés sont suffisamment stable spatialement et temporellement pour permettre une inversion de la réflectance tout au long du cycle hydrologique pour suivre la concentration en matières en suspension au sein de rivières. Ce type de travail est une étape essentielle afin de documenter la variabilité des propriétés optiques des eaux continentales, constituant une base pour la définition d'algorithmes d'inversion génériques. En l'occurrence, Martinez et al. (2015) ont enregistré les propriétés optiques des principales rivières du bassin de l'Amazonie et ont démontré que, malgré la grande taille de ce bassin versant, des algorithmes uniques pouvaient être proposés pour tous les cours d'eau. Il est nécessaire que ce travail soit reproduit dans différentes régions du monde afin de créer des bases de données globales qui permettront d'améliorer les produits couleurs de l'eau.

approche terrain, modélisation et satellite, en France et au Sud. Financé sur crédits Tosca à partir de cette année, il est basé au laboratoire Géosciences Environnement Toulouse (GET). Il s'agira notamment, à partir des observations terrain et des travaux de modélisation de développer des algorithmes d'inversion robustes et de les tester sur des séries temporelles d'images satellites des nouveaux capteurs Sentinelle mais aussi des capteurs « historiques » Modis et de la série Landsat sur plus d'une dizaine de sites. L'une des originalités de ce projet est d'associer étroitement les équipes thématiques afin de calibrer/valider précisément les estimations faites par satellite en exploitant des bases de données terrain pré-existantes. D'autre part, il s'agira de valoriser les produits « couleur de l'eau » auprès de chaque équipe afin de comprendre l'utilisation qui en est faite par les thématiques. Plusieurs laboratoires en France participent à ce projet dont les UMR Géosciences Rennes, LTHE, GET, l'unité HHLY d'Irstea.

Fin 2015, le CES a été associé à de nombreuses demandes sur l'appel d'offre visant la sélection des sites Sentinelle 2, situés en dehors de la France, qui seront traités par le Cnes avec l'algorithme Muscate. Des zones d'études ont ainsi été sélectionnées sur tous les continents, en collaboration avec les équipes thématiques travaillant au sein d'observatoires (Hybam, Amma-Catch, MSEC) ou de projet liés aux ressources en eaux (UMR LTHE, Agence de l'Eau du Brésil, Funceme) dans plusieurs régions du monde : Brésil, Bolivie, Venezuela, Afrique de l'Ouest, Viêt-Nam, Laos. Trois thématiques se détachent nettement : (1) l'étude des grands fleuves, notamment sur les problématiques liées aux flux sédimentaires (estimation des flux d'érosion, ensablement, navigabilité); (2) l'étude des efflorescences algales (ou blooms) notamment de cyanobactéries toxiques dans des lacs et réservoirs ; (3) la santé en lien au transport de bactéries par les particules minérales.

Dans les prochains mois, de nouvelles actions permettront d'intégrer les produits « couleur de l'eau » dans des outils de modélisation hydrologique, notamment avec le modèle Swat (collaboration UMR Ecolab). Alors que les réseaux de mesure conventionnels de qualité des eaux ne permettent pas de couvrir les besoins en données des scientifiques, des gestionnaires et de la société, il est attendu que l'exploitation des produits spatiaux permettra d'améliorer les capacités de simulation et de prévision des modèles.

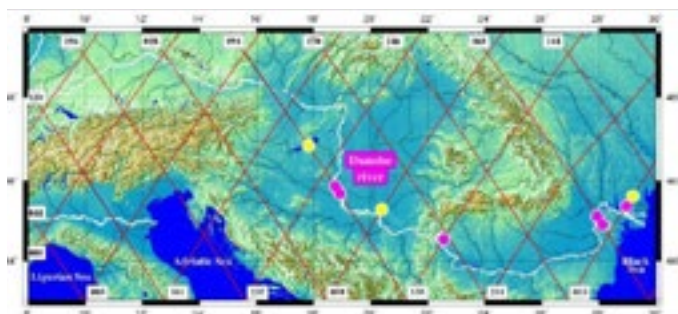
Jean-Michel Martinez (IRD)

Les données hydrologiques accessibles sur la plateforme européenne Global Land

Le service Hydroweb a pour vocation de diffuser à la plus large communauté d'utilisateurs possible des produits dérivés de l'altimétrie satellitaire pour le suivi des surfaces continentales en eau : lacs et fleuves.

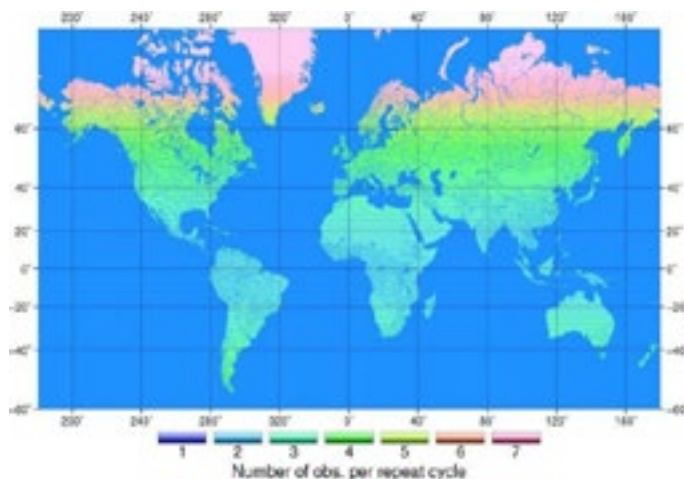
Face au défi de l'eau que l'humanité aura à relever dans les prochaines années, la commission européenne va mettre en place un service dédié aux enjeux de l'eau et de la neige coordonné par CLS dans le Service Copernicus Global Land.

Ce nouveau service européen permettra l'accès en ligne aux données hydrologiques dérivées des mesures spatiales. Les données acquises grâce aux satellites comme Sentinelle 3 et traitées par CLS et ses partenaires européens seront disponibles sur cette plateforme qui fournira de façon gratuite de nombreux paramètres hydrologiques et cryosphériques.



Stations virtuelles sous les traces de Jason

Une des variables hydrologiques clé qui sera produite est la hauteur et la variation de stocks d'eau des lacs, des niveaux des fleuves (pour en estimer la débitimétrie). Le Cnes accompagne et soutient la R&D au Legos, afin d'intégrer de nouveaux produits issus des données SIRAL de Sentinel-3, et de l'altimètre de Jason-3. Ces produits viendront compléter les hauteurs d'eau



Mesures Swot

établies à partir des données altimétriques historiques (Topex/Poseidon, Jason-1, Ers2) et leurs successeurs actuels (Jason 2, Saral et Cryosat-2) dans la plateforme Hydroweb. Les produits validés par le LEGOS et CLS seront susceptibles d'alimenter le service Global Land. A terme, les données Swot, avec une résolution spatiale, une précision inédites et pour la première fois en hydrologie, une couverture globale, seront intégrées à Hydroweb.

Fruit du programme européen Copernicus, Global Land fournira des paramètres de premiers niveaux utiles au développement de solutions et de services en lien avec la gestion des ressources en eau et des risques associés.

Ces nouveaux services sont le résultat d'une coopération forte entre la Commission Européenne, les Agences Spatiales (ESA, Cnes...), les laboratoires de recherche et les industriels / sociétés de service. Ils répondent à des demandes sociétales croissantes dans le domaine de la gestion de l'eau et de l'environnement.

Selma Cherchali (Cnes)

EyeOnWater pour le suivi de la qualité des eaux sur une grande quantité de plans d'eau

Depuis la définition de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE) en 2000, les gestionnaires des plans d'eau sont tenus d'en surveiller leur état écologique. En pratique, cela se traduit généralement par la réalisation de quelques mesures in-situ chaque année sur certains lacs mais avec les nouvelles possibilités offertes par l'imagerie spatiale, les gestionnaires peuvent superviser ces indicateurs avec une fréquence accrue.

L'ACRI-HE a développé une chaîne de traitement complète et pleinement opérationnelle pour l'évaluation de la qualité des eaux de plus de 600 lacs. La chaîne réalise le téléchargement du produit, l'application de corrections atmosphériques (algorithme LAC-ACRI), la restitution de la qualité de l'eau et la publication des résultats sur une interface web EyeOnWater (eyeonwater.eu). De manière à atteindre la résolution spatiale requise, les missions employées sont Landsat 7/ 8 et bientôt Sentinelle 2.

Pour calibrer notre modèle, un échantillon de plus de 1000 mesures de concentration en Chl-A a été utilisé (données Onema et EDF), donnant 155 correspondances avec des images Landsat 7 sur plus de 110 lacs.

Au final, un indice de qualité des eaux (spécifique aux caractéristiques du lac) est associé à la concentration en Chl-A et est synthétisé en utilisant un code de couleur relatif à l'indice de bon état écologique des eaux du lac pour l'application de la DCE.

En cliquant sur le marqueur (cf. figure), la série temporelle de concentration en Chl-A pour le lac sélectionné apparaît et peut être analysée avec l'appui de l'image (ici Landsat 7) utilisée pour l'estimation.

Dès que suffisamment de mesures in-situ seront disponibles pour la calibration, l'exploitation de Sentinelle 2 sera ajoutée avec une meilleure résolution spectrale et une plus forte capacité à améliorer l'évaluation de la qualité des eaux.

Antoine Mangin, Romain Serra (ACRI-HE)



Interface d'accès aux données du site EyeOnWater

Glowabo, cartographie des surfaces en eau

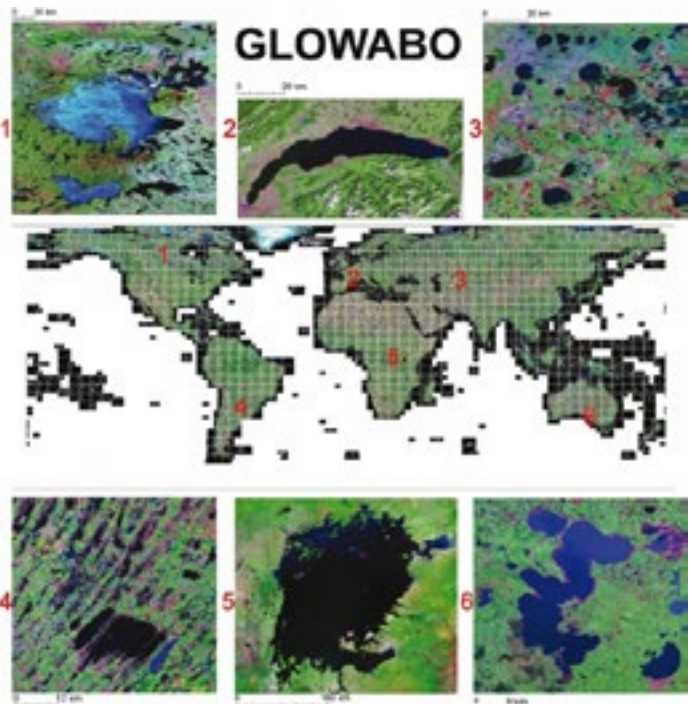
Jusqu'en 2014, aussi incroyable qu'il paraît, on ignorait le nombre de lacs et autres corps d'eaux à la surface de la Terre. Une donnée importante néanmoins car ils sont désormais reconnus comme étant des sites d'activité biogéochimique très intense. De ce fait, ils sont en général une source importante d'émission de gaz à effet de serre, tels le dioxyde de carbone ou le méthane qu'ils rejettent dans l'atmosphère, mais certains peuvent absorber plus de carbone qu'ils en rejettent et être ainsi des puits de carbone terrestre.

Dans ce contexte, pour la première fois, une étude internationale (France, Suède, Estonie, Etats-Unis) a pu être menée à bien pour quantifier et cartographier le nombre de corps d'eau de notre planète et cela grâce notamment à la télédétection spatiale et un algorithme de détection automatique des surfaces en eau. Tel est le résultat de l'inventaire Glowabo pour Global Water Bodies élaboré par cette équipe (Verpoorter et al., 2014, GRL).

Si la planète bleue doit son nom aux océans, elle n'en compte pas moins de 117 millions de lacs de plus de 2000 m² (soit l'équivalent de deux piscines olympiques) dans le monde, hormis les zones glaciaires de l'Antarctique et de l'Arctique remettant ainsi en cause toutes les considérations statistiques précédentes qui comptabilisaient le nombre de corps d'eau à 304 millions. Leur surface totale couvre une superficie d'environ 5 millions de km², soit 3,7 % de la surface terrestre. Pour chaque corps d'eau, Glowabo fournit une description précise de la distribution géographique, de l'abondance, de la taille, de la forme et de l'altitude. Dans un contexte de réchauffement climatique, tous ces paramètres sont essentiels pour quantifier les contributions limniques au cycle du carbone, notamment là où les surfaces d'échanges biogéochimiques sont les plus importantes, c'est-à-dire à proximité des lignes de rivages. Par exemple, si vous cumulez toutes les lignes de rivages répertoriées, cette composante totalise à peu près 250 fois l'équivalent de notre équateur.

Disponible en octobre 2016 sur Theia

La détection des surfaces en eau a pu être réalisée grâce au traitement automatique de plus de 875 mosaïques d'images satellite Landsat 7 ETM+ qui portent le nom de GeoCover Circa 2000. Cette méthode connue sous le nom de GWEM pour GeoCover Water Body Extraction Model (Verpoorter et al., 2012), a été conçue essentiellement pour les données GeoCover. Les données GeoCover offrent une résolution spatiale modérée d'environ 15 m/pixel mais ne présente que 3 des 7 bandes spectrales de Landsat 7 ETM+ (B2, B4 et B7). La méthode d'extraction repose en partie sur une classification supervisée et hiérarchisée des mesures radiométriques. L'une des difficultés a été notamment de minimiser l'impact des zones d'ombres provoquées par les nuages ou encore certains versants de montagnes et qui ont pour effet de modifier les valeurs radiométriques des surfaces jusqu'à parfois confondre ces surfaces avec des lacs par exemple. Des développements



Images satellite GeoCoverTM circa 2000 montrant plusieurs exemples de lacs sur différents continents.

méthodologiques sont encore en cours pour améliorer cette base de données au niveau des zones montagneuses. La qualité des données Landsat 8 offre de belles perspectives permettant d'intégrer ainsi les changements de détections au travers de l'analyse de plusieurs images d'une même scène et donc permettant de s'affranchir facilement des effets d'ombrage. Malheureusement, la base de données GeoCover est une base de données stationnaire et ne permettait pas cette approche multi-temporelle. Dans le cadre de Theia, il est envisagé que la base de données Glowabo soit distribuée courant octobre 2016 pour les surfaces en eau supérieures à 1ha, soit 28 millions d'objets.

Il y a environ une dizaine d'années, nous fûmes impressionnés par la première carte complète des lacs du monde, qui comprenait 250 000 lacs de plus de 10 hectares. Il est étonnant de voir comment les progrès de la technologie spatiale nous permettent d'acquérir une meilleure appréciation de l'importance des lacs sur cette planète. Cette étude a permis de réduire le niveau d'incertitude par rapports aux estimations précédentes et constitue de ce fait un tremplin pour une meilleure évaluation et compréhension de l'influence des surfaces en eau sur les processus biogéochimiques à grande échelle et donc sur le climat.

Charles Verpoorter (Université du Littoral Côte d'Opale)

Ombres générées par les montagnes et nuages, telles que celles observées sur l'image satellite ALI et compliquant le travail de détection des surfaces en eaux. © T. Kutser.



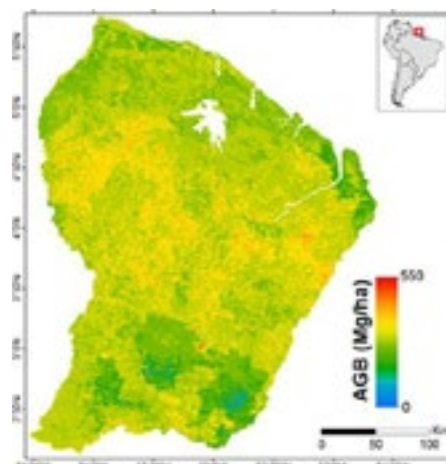
Carte de biomasse forestière sur la Guyane

La cartographie de la biomasse aérienne forestière constitue aujourd'hui un enjeu important, en particulier pour la déclaration des stocks de carbone et de leurs changements. Une approche pour la cartographie de la biomasse sur la forêt tropicale de la Guyane française a été développée en utilisant la technique régression-krigeage de données de télédétection et d'autres variables environnementales (pluviométrie, géologie ...).

La méthodologie suit trois étapes :

1. estimer la meilleure régression linéaire entre des métriques (variables) dérivées des formes d'onde lidar du satellite GLAS/ICESat (footprint d'environ 60 m de diamètre) et des données in-situ de biomasse (forest aboveground biomass «AGB»);
2. développer un modèle entre les données AGB estimées à partir de GLAS (étape 1) et des variables dérivées d'images optiques MODIS, radar PALSAR, et des données environnementales;
3. améliorer la précision de la carte de biomasse obtenue précédemment en lui rajoutant le résidu (AGB GLAS – carte de l'étape 2) krigé.

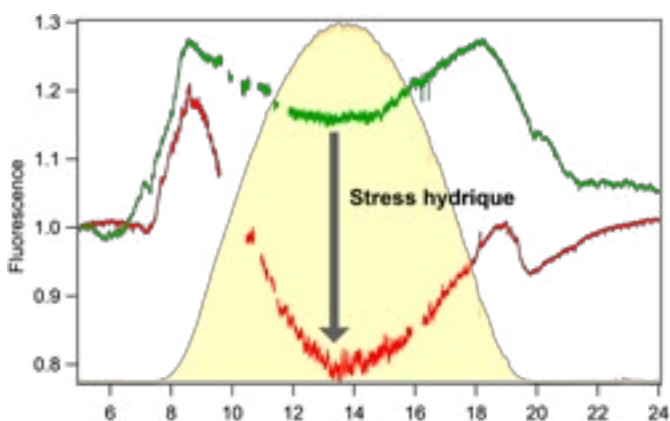
Une carte de biomasse à 1 km de résolution a été produite avec une erreur quadratique moyenne (RMSE) de 51 Mg/ha ($R^2=0.66$, l'erreur moyenne absolue = 12%). Cette carte présente un fort potentiel compte tenu de sa précision en comparaison aux 3 cartes d'AGB mondiales de Saatchi, Baccini, et Avitabile. En effet, la comparaison entre les trois cartes globales et les données AGB in situ montre que les trois cartes globales présentent des fortes erreurs (biais importants entre 45 et 70 Mg/ha et des RMSE entre 70 et 100 Mg/ha).



Nicolas Baghdadi (Irstea)

FLEX : carte de fluorescence de la végétation

Le 19 novembre 2015, l'Agence Spatiale Européenne (ESA) a annoncé la sélection de la mission FLEX (FLUorescence Explorer) comme 8^e mission d'exploration de la Terre dans le cadre du programme Living Planet. L'objectif de FLEX est de fournir une carte de la fluorescence de la végétation pour quantifier la photosynthèse à l'échelle du globe. Ces observations permettront de mieux comprendre le rôle de la photosynthèse dans les cycles du carbone et de l'eau. Elles permettront aussi de détecter plus précocement les situations de stress (froid, sécheresse (voir figure), vague de chaleur,...).



Cycle diurne du rendement de fluorescence en cas de stress hydrique, chez le petit pois (*Pisum sativum* L.). Courbe du haut (vert) : plante contrôlée. Courbe du bas (rouge) : situation de stress hydrique. En arrière-plan, l'intensité de l'éclairement solaire. (Crédits : M.L. Lopez, I. Moya).

La fluorescence de la végétation est émise par la chlorophylle, pigment foliaire responsable de la conversion de l'énergie solaire absorbée en énergie photochimique utilisable par le métabolisme des végétaux, et ultimement par l'ensemble de la biosphère. Elle est donc intimement liée à la photosynthèse, et est utilisée à ce titre depuis de nombreuses années à l'échelle de la feuille. Cependant, cette émission est très faible, et sa détection depuis l'espace n'est possible que grâce à une analyse à très haute résolution spectrale des bandes d'absorption du rayonnement solaire réfléchi. C'est ce que réalise la mission FLEX dans les bandes de l'oxygène autour de 687 nm et 760 nm. FLEX, dont le lancement est prévu vers 2022, volera en tandem avec la mission Sentinelle 3 de l'ESA. Les instruments embarqués par les deux plateformes, fourniront, en plus de la fluorescence, les paramètres biophysiques du couvert végétal (surface foliaire, contenu en chlorophylle, etc), la température de surface, et l'indice PRI (Photochemical Reflectance Index) qui est lié aux mécanismes de régulation de la photosynthèse.

Les équipes françaises ont joué un rôle pionnier dans le développement de la méthode passive de détection de la fluorescence. Elles se structurent actuellement autour de la validation et l'exploitation des données de fluorescence spatiale en support à la mission FLEX : développement d'un réseau de mesures de la fluorescence des écosystèmes, d'outils de validation des mesures spatiales (lidars de fluorescence sol et avionné) et d'algorithmes d'assimilation de la fluorescence pour la quantification de la photosynthèse. Les laboratoires impliqués dans les travaux sur la télédétection de la fluorescence comprennent actuellement plusieurs équipes de l'Université Paris-Saclay (LMD, LSCE, ESE, Ecosys), ainsi que le Cesbio et le CNRM à Toulouse.

Yves Goulas (LMD / Ecole Polytechnique)

Bulletin Theia

Directeurs de publication : N.Baghdadi (Irstea) - M.Leroy (Cnes)

Conception - réalisation : S. Ayoubi (Theia)

Ont contribué à ce numéro : N.Baghdadi (Irstea), E. Bourland (IRD), S.Churchali (Cnes), J.F.Faure (IRD), Y.Goulas (Ecole Polytechnique), S.Galle (IRD), O.Hagolle (Cnes), P.Maurel (Irstea) S.Hosford (Cnes), J.Inglada (Cnes), A.Mangin (ACRI-HE), JM.Martinez (IRD), P.Paillou (U.Bordeaux), C.Proy (Cnes), P.Rossello (GeographR), R.Serra (ACRI-HE), JP.Sempère (IGN), C.Verpoorter (ULCO)