

SOMMAIRE

Actualités	1
Séminaire Theia 2016	3
Données aéroportées	4
Occupation des sols	5
Produits thématiques	7
Eaux continentales	8
Analyse stratégique collective	9

Mot des directeurs scientifique et technique

Depuis le démarrage de Theia il y a 4 ans, un long chemin a été parcouru et le portefeuille de produits et de services est déjà conséquent. Il reste cependant beaucoup de chemin pour parvenir à nos objectifs, mais l'équipe Theia reste prête à relever ces défis avec toujours autant d'enthousiasme.

Les centres d'expertises scientifiques poursuivent le développement de nouveaux produits en lien avec les besoins des utilisateurs (scientifiques et acteurs en charge des politiques publiques) et parallèlement, le réseau d'animation régionale Theia monte en puissance pour faciliter l'appropriation de notre dispositif innovant.

Si le succès de Theia est celui de nos institutions qui ont su mettre des moyens communs au service de tous, il est aussi le vôtre que vous soyez partie prenante de la première heure ou nouvel utilisateur.



N. Baghdadi S. Ayoubi A. Sellé

ACTUALITÉS

La MMCO, relais de l'ART PACA

La Maison de la météorologie et du climat des Orres (MMCO), centre de recherche scientifique et technique implanté dans les Hautes-Alpes à 1700 m d'altitude, devient un relais local du réseau d'animation régionale Theia en Provence-Alpes-Côte d'Azur (ART PACA). GeographR, qui assure l'ART PACA depuis 2015, va s'appuyer sur la MMCO pour informer et accompagner les acteurs alpins, afin de faciliter l'accès aux images satellites et leur utilisation. L'objectif principal est de multiplier les échanges, d'animer la communauté des télédéTECTEURS, de créer des passerelles entre les acteurs publics et privés, mais aussi d'encourager la participation aux centres d'expertise scientifique (CES). Pour tout contact, rendez-vous sur <http://www.mmco.fr/la-mmco/contact> ou écrivez à geographr@numericable.fr

Philippe Rossello (GeographR)



Maison de la météorologie et du climat des Orres
© Alice Simonard

Des nouvelles du CES OSO

Dans le bulletin Theia d'avril 2016, nous vous avons expliqué que les caractéristiques finales du produit allaient être fixées courant 2016 en concertation avec les utilisateurs, suite aux retours reçus sur les produits prototypes publiés.

Depuis le mois d'avril 2016, le CES OSO a continué à travailler sur la chaîne iota2 afin de préparer l'arrivée des données Sentinelle 2.

Pour la première version du produit, la carte sera produite sur un millésime de référence allant de janvier à décembre 2016 et diffusée sous forme raster avec des pixels de 20 m mais le produit avec des pixels de 10 m sera disponible pour les utilisateurs qui le souhaiteront. Des



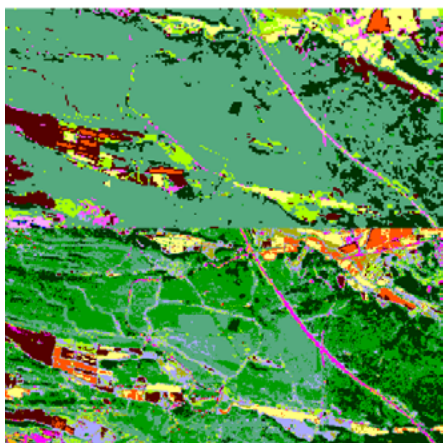
Comparaison entre les cartes d'occupation du sol générées à partir de données Landsat 8 (en haut) et Sentinelle 2 (en bas) sur le Rhône, la Durance et la ville d'Avignon

fichiers vecteurs découpés par région administrative et avec une unité minimale de collecte de 0.1 ha pourront aussi être téléchargés.

La liste de classes cartographiées sera la suivante :

1. Cultures annuelles d'été
2. Cultures annuelles d'hiver
3. Prairies
4. Vignes
5. Vergers et arboriculture
6. Forêts feuillus
7. Forêts résineux
8. Pelouses et pâturages naturels
9. Landes ligneuses
10. Surfaces artificialisées imperméables
11. Urbain continu
12. Urbain discontinu
13. Zones industrielles et commerciales
14. Surfaces route
15. Surfaces minérales naturelles
16. Plages et dunes
17. Eau
18. Glaciers et neiges éternelles

Le découpage de la classe « Surfaces artificialisées imperméables » en 4 sous-classes n'a pas encore pu être validé car les données de réflectance de surface Sentinel-2 n'ont été diffusées qu'à partir d'octobre, mais nous y travaillons pour que début 2017 la carte puisse proposer une nomenclature à 17 classes au lieu de seulement 14.



Comparaison entre une zone de végétation naturelle avec un peu d'agriculture

Les spécifications du produit ne sont pas donc figées afin que les besoins des utilisateurs puissent être pris en compte et le faire évoluer. Les activités de R&D sont en cours et continueront pendant quelques années. La qualité du produit évoluera, mais la continuité sera assurée via des re-traitements. De plus, les données utilisées et les chaînes de traitement sont libres, ce qui donne la possibilité de modification et adaptation pour des besoins spécifiques et donne une indépendance des utilisateurs vis-à-vis de Theia.

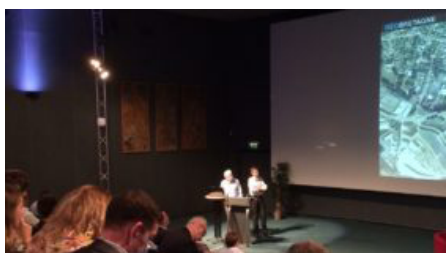
Jordi Inglada (Cesbio / Cnes)

L'ART Bretagne en actions

Porteur de l'ART Bretagne, le GIS BreTel a défini les actions qu'il mène selon 4 axes : recherche, innovation (développement économique du spatial en Bretagne), formation (initiale et continue) et diffusion (promotion des applications spatiales auprès des utilisateurs avérés ou potentiel).

Dans ce contexte le GIS BreTel a démarré plusieurs projets comme la base Kalideos Bretagne qui a pour objet d'évaluer l'offre d'imagerie spatiale (gratuite ou non) afin de répondre à la demande d'information géographique concernant l'évolution de l'occupation et de l'utilisation des sols et des paysages et leurs impacts sur l'environnement en milieu urbain et rural, sur un site formant un gradient ville-campagne.

Parmi les autres actions menées, le GIS BreTel et l'Institut Inspace ont organisé le 21 septembre 2016, à Brest, un séminaire intitulé « Potentiels et bénéfices des



Séminaire «Potentiels et bénéfices des applications spatiales au service des territoires» le 21 septembre 2016 à Brest

applications spatiales au service des territoires ». Environ 120 personnes (utilisateurs potentiels ou avérés, fournisseurs, étudiants) y ont participé. Il s'est déroulé comme suit : une matinée « conférence » à vocation pédagogique compréhensible pour tous, initiés ou non (état des lieux de la géo-information au sein des administrations, caractéristiques des images satellites, données et plateformes d'acquisition, exemples d'applications) ; puis d'une après-midi « showroom » permettant aux gestionnaires des territoires de rencontrer les fournisseurs d'applications.

Nicolas Bellec (GIS BreTel)

Journée utilisateurs de l'ART Midi-Pyrénées

L'ART Midi-Pyrénées organise une journée utilisateur le 1er décembre 2016 de 14h à 17h au Cesbio à Toulouse.

Cette journée est ouverte aux spécialistes comme aux débutants en télédétection : géomaticiens, techniciens, gestionnaires, décideurs. Tous les publics (recherche, services publics, privés) sont invités.

Le Cesbio présentera les images, traitements et quelques produits (CES produits) obtenus à des échelles régionales et nationales, à partir de séries temporelles d'images décimétriques de type Sentinelles 1 et 2.

Le Cerema, l'Onera et IGN espace présenteront les équivalents à des échelles locales, en très haute résolution spatiale (métrique).

D'autres journées sont prévues en 2017, en particulier sur la forêt, les relations agriculture - territoire - environnement ...

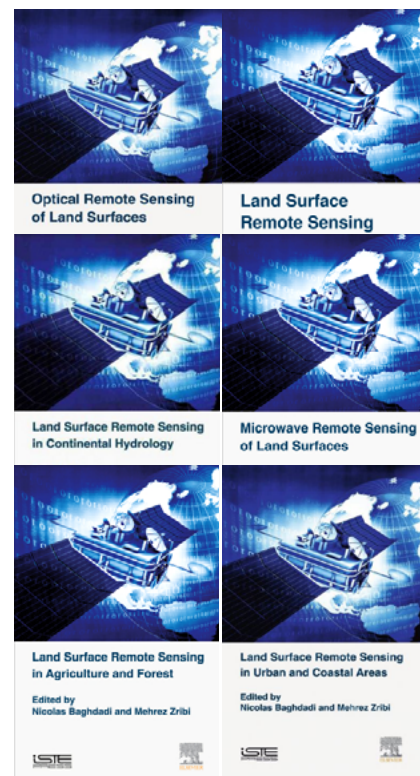
Détail et inscription (obligatoire) sur hervegibrin.wixsite.com/art-midi-pyrenees ou jean-francois.dejoux@cesbio.cnes.fr

Jean-François Dejoux (Cesbio / CNRS)

Nouvelle collection d'ouvrages en télédétection des surfaces continentales

Avec l'arrivée de nouvelles grandes missions spatiales, et l'accès facilité aux données, y compris du point de vue financier, on s'attend à l'intensification, voire à la généralisation de l'utilisation des données et produits de l'observation spatiale, que ce soit dans de nouvelles thématiques scientifiques, ou par de nouveaux utilisateurs (gestionnaires, décideurs, etc.).

Dès lors émerge un besoin prégnant de supports pédagogiques actualisés sur les différents concepts et méthodes en télédétection, sur ses applications majeures,



tout particulièrement dans le domaine des surfaces continentales.

C'est dans cette perspective qu'une nouvelle collection d'ouvrages est proposée, offrant aux chercheurs, aux étudiants en 2^e et 3^e cycle, mais aussi aux décideurs, aux services gestionnaires territoriaux ou nationaux, aux acteurs d'autorité décisionnaire, un outil intégrant tout à la fois les bases nécessaires des principes physiques des différentes techniques spatiales et les méthodes et illustrations d'usages pour de nombreuses applications basées sur l'observation spatiale.

Cette série d'ouvrages décrit les principes physiques des principales techniques de télédétection utilisées pour l'observation des surfaces continentales ainsi que les méthodologies d'analyse et d'interprétation des mesures et d'images (volumes 1 et 2). Les quatre autres volumes illustrent des méthodes et exemples d'application des données de télédétection pour l'agriculture et la forêt (volume 3), l'hydrologie continentale (volume 4), l'urbain et les zones côtières (volume 5), et l'environnement et les risques (volume 6).

Cette série (6 volumes, 60 chapitres) est coordonnée par Nicolas Baghdadi (UMR Tetis, DR Irstea) et Mehrez Zribi (Cesbio, DR CNRS), et portée par 200 scientifiques de renommée internationale dans leurs domaines. Elle est déjà publiée en anglais par l'éditeur ISTE-Elsevier. La version française paraîtra fin novembre 2016.

Retrouvez ces ouvrages en vente chez votre libraire ou sur les sites store.elsevier.com et amazon.fr.

Nicolas Baghdadi (Irstea)

Géoinformation pour les surfaces continentales au service de la Recherche et des Politiques publiques

Le pôle de données et de services Theia a organisé le 3 et 4 octobre 2016 à Agropolis International à Montpellier son second séminaire sur le thème « Géoinformation pour les surfaces continentales au service de la Recherche et des Politiques publiques ».

L'objectif de ce séminaire était de :

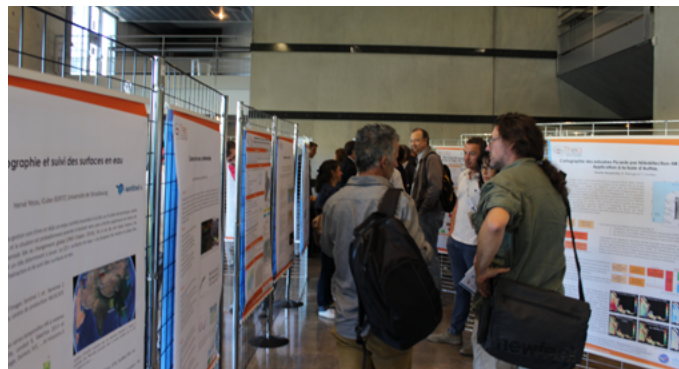
- réunir scientifiques, acteurs publics, privés, associations pour présenter les objectifs de Theia, les avancées, les actions en cours et à venir,
- créer un événement qui favorise rencontres et dialogue entre les communautés,
- présenter des exemples d'applications et d'usages,
- discuter/échanger autour de 2 tables rondes : (1) le succès et les défis de l'accès optimisé aux images satellitaires et aux produits à valeur ajoutée et (2) la place du privé dans la chaîne de la valeur de l'exploitation de l'image satellitaire.



Session plénière dans l'amphithéâtre d'Agropolis International © B.N. / IRD

Ce séminaire fût un grand succès avec 315 participants sur les deux journées. De nombreux organismes ont été fortement représentés (institutions, ministères ...), ce qui témoigne de l'intérêt et de la forte attente des communautés des scientifiques et des acteurs publics. Le privé a aussi été présent avec une vingtaine de représentants.

Lors de ce séminaire, les données disponibles à ce jour (Spot 6/7, Pléiades, Sentinelles 2, Landsat, Archives Spot du programme SWH ...) ou à venir très prochainement (données aéroportées et in situ) ont été présentées. Des produits à valeurs ajoutées en phase de production, de prototypage ou en développement dans les Centres d'expertise scientifique de Theia ont également été mis à l'honneur (occupation des sols, surfaces en neige, couleurs des eaux continentales, cartographie numérique des sols). Les futurs utilisateurs de ces produits, en particulier des cartes d'occupations des sols, ont été invités à s'exprimer sur leurs attentes et besoins.



Exposition de posters dans le grand hall d'Agropolis International © B.N. / IRD

De nombreuses applications de l'imagerie spatiale présentées au cours des conférences ont bien illustré les retours d'expériences des différentes communautés. Deux séries d'une trentaine de posters, exposés pour la durée du séminaire, étaient également consacrées aux usages de la très haute résolution spatiale ainsi qu'aux travaux issus des Centres d'expertise scientifique. Les supports de présentation des intervenants ainsi que les fichiers des posters exposés sont disponibles sur le site theia-land.fr.

Les tables rondes ont permis des riches échanges avec des représentants du public (Cnes, IGN, IRD, région Occitanie, MEEM) et du privé (Booster Paca, Booster Nova, BRLi, SIRS, TPZ).

A l'issue du séminaire Theia 2016, une formation Orfeo ToolBox (OTB) a été organisée les 5 et 6 octobre 2016 à Agropolis International (Montpellier). Gratuite et ouverte à tous, cette formation qui a réuni 23 participants était animée par le Cnes (M. Grizonnet et J. Michel) avec l'appui d'Irstea (R. Cresson).

Nicolas Baghdadi (Irstea) et Sophie Ayoubi (Theia)



Photo de famille des participants du séminaire Theia 2016 © J.L. / IRD

L'Onera et son implication dans le pôle Theia

L'Onera est le centre français de la recherche aéronautique, spatiale et de défense. Organisme pluridisciplinaire doté de moyens d'expérimentation uniques en Europe, il met ses compétences au service des agences de programmes, des institutionnels et des industriels.

L'Onera a une importante activité dans le développement des moyens d'observer et de mesurer à moyenne et grande distance, particulièrement à des résolutions centimétrique à décimétrique. Aujourd'hui les techniques sont l'imagerie multispectrale et hyperspectrale, de l'ultraviolet à l'infrarouge thermique, et l'imagerie SAR (Synthetic Aperture Radar) : polarimétrique, interférométrique ou combinant les deux (technique PolInSAR). Demain on disposera de mesures lidar aéroportées des champs de vent, des aérosols et des gaz (CH₄, H₂O, polluants...), d'imagerie optique 3D à travers la végétation ou par mauvais temps, voire... de mesures gravimétriques pour la prospection du sous-sol.

Support des programmes satellitaires

Ces développements conduisent in fine à des systèmes aéroportés utilisés par l'Onera pour la recherche ou en support des programmes satellitaires.

Par exemple Sethi emporte depuis 2007 des capteurs radars en bandes P, L et X sur un avion de type Falcon 20 pour fournir :

- une cartographie jour et nuit tout temps ;
- une polarimétrie complète pour la classification des objets ou des milieux ;
- de l'interférométrie pour réaliser un modèle numérique de terrain ou détecter les changements apparus depuis l'image de référence ;
- la détection d'objets masqués sous la canopée ou dans le sol.

Sysiphe, conçu et mis en œuvre par l'Onera à la demande de la Direction générale de l'armement (DGA) est unique en Europe : il fournit une image du sol avec une résolution de 50 cm dans plus de 500 bandes spectrales du visible à l'infrarouge thermique. Son exploitation a débuté en 2015.

Le Lima (Laboratoire d'Imagerie Multicapteurs Aéroportée) développe les applications des technologies optiques. Il s'appuie sur des moyens de mesures mobiles, sols et aéroportés, ainsi qu'une infrastructure de traitement comprenant des bases de



données d'images et de propriétés optiques des surfaces et matériaux. Des moyens similaires existent pour l'imagerie SAR.

Ces développements reposent aussi sur la maîtrise des technologies de traitement d'images physiques, d'extraction et de fusion numérique de l'information notamment sur l'imagerie à très haute résolution. L'Onera met à profit ces technologies par exemple pour aborder les thématiques de suivi des milieux urbains.

Développement d'applications thématiques

Au-delà de ses missions principales, l'Onera a conclu plusieurs partenariats pour le développement d'applications de la télé-détection dans des domaines tels que les ressources énergétiques, le transport ferroviaire, le développement urbain... Mais aussi pour favoriser l'émergence de la filière drones civils.

Le développement de cette filière, au-delà des enjeux économiques, est une opportunité notamment pour la recherche. L'Onera mène un effort important pour concrétiser cette opportunité en levant les verrous en matière de miniaturisation des capteurs et des systèmes embarqués, de la sûreté de fonctionnement des drones, des contraintes légales et opérationnelles de mise en œuvre, de l'autonomie de décision et de la coopération entre vecteurs. L'Onera envisage une animation scientifique et technique dans ce domaine émergent au profit de la communauté Theia.

Depuis son adhésion, l'Onera renforce sa participation aux CES thématiques : cartographie numérique des sols, artificialisation-urbanisation des sols, biomasse forestière. ..

Enfin une interopérabilité avec l'infrastructure de données et de services a été mise en place, dans l'objectif de mettre à disposition des données aéroportées originales acquises par les moyens de l'Onera. Cet axe pourrait aussi se développer par une prise en compte mutualisée des demandes provenant de Theia lors des campagnes de mesures aéroportées organisées par l'Onera.

Bernard Rosier (Onera)



Imageurs Sysiphe dans un Dornier-228 ©DGA

CORINE Land Cover : une coopération européenne de 30 ans

CORINE Land Cover (CLC) est l'unique source, gratuite et en opendata, qui fournit une photographie complète de l'occupation des sols de la France (métropole et DOM), à des fréquences régulières. En cela, elle constitue un outil de référence.

Lancée en 1985 par l'Union Européenne pour appuyer sa politique en termes d'environnement, CLC est le résultat d'une collaboration entre l'Agence Européenne pour l'Environnement (AEE) responsable de la mise en œuvre, les pays de l'Union Européenne et des pays coopérants.

Depuis la dernière mise à jour lancée en 2013, CLC est une des composantes du service de surveillance des terres du programme Copernicus (www.copernicus.eu). Ce programme européen vise à doter l'Europe de moyens en propre et opérationnels d'observation de la Terre. Il garantit ainsi l'ensemble de la chaîne d'acquisition des données de base que sont les images satellitaires, jusqu'à la diffusion des produits.

Après le premier millésime 1990 produit sur 28 pays, le programme CLC couvre actuellement 39 pays et est actualisé tous les six ans depuis 2000. Pour la France, les DOM sont intégrés dans le projet depuis 2006. CLC couvre désormais près de 604 000 km² pour le territoire français.

Par ailleurs, CLC est un projet qui évolue sous l'impulsion de l'AEE. Pour le millésime 2012, en complément des bases CLC, de nouvelles couches d'occupation des sols à haute résolution sont proposées grâce à une cartographie automatique de fonds satellitaires. Ces couches enrichissent substantiellement l'information disponible dans CLC sur les grandes thématiques que sont les forêts, l'imperméabilisation des sols, les prairies, les zones humides et les surfaces en eau. Pour la prochaine campagne, un nouveau produit sur les éléments linéaires verts (haies, alignements d'arbres en zone rurale...) sera également proposé.

Enfin, CLC bénéficiera prochainement de l'arrivée des nouveaux satellites Sentinel 2, dont le déploiement en orbite a débuté en 2015. Ces deux satellites permettent de couvrir plus fréquemment le territoire et participeront à réduire le délai de mise à disposition des données pour les prochains millésimes.

CLC une production sur mesure

Le Service de l'observation et des statistiques (SOEs), en tant que représentant français du réseau partenariat de l'AEE réalise la maîtrise d'ouvrage de CLC pour le territoire national.

La réalisation du millésime 2012 est le fruit d'un partenariat entre le SOEs, l'IGN et SIRS, sous la responsabilité de l'AEE, qui assure le pilotage général et la validation finale.

Pour rappel, CLC est produite à une échelle du 1/100 000, la superficie minimale des unités cartographiées est de 25 ha pour les bases d'état (millésime) sur la métropole, de 10 ha sur les DOM et de 5 ha pour les bases des changements (métropole et DOM). La largeur minimale des objets à cartographier est de 100 m sur la métropole et 50 m sur les DOM. La nomenclature comporte 44 postes sur la métropole et 50 sur les DOM. Il existe actuellement 4 millésimes sur la métropole (1990, 2000, 2006, 2012) et 3 sur les DOM (2000, 2006, 2012).

La production de CLC repose sur un protocole d'élaboration et de contrôle précis pour répondre aux exigences de qualité. Autour d'un chef de projet, la production a été menée par une équipe de photo-interprètes expérimentés, d'un responsable production et assurance qualité, d'un responsable contrôle qualité et livraison. Grâce à des livraisons intermédiaires et régulières, le SOEs et l'IGN ont pu expertiser quotidiennement la qualité et l'homogénéité du travail de SIRS. Cela a permis d'identifier et de traiter rapidement les divergences ou les besoins de précisions techniques et méthodologiques.

Les territoires d'étude ont été découpés en sous-secteurs en fonction des scènes/dates d'images, suivant un ordre précis pour optimiser l'avancement et faciliter la jonction entre sous-secteurs. Chaque découpage est affecté à un opérateur, celui-ci parcourt l'ensemble de sa zone, il s'appuie sur des outils et sur une interface de production dédiée, il numérise et codifie les changements d'occupation des sols suivant un protocole spécifique. Au préalable, une formation sur mesure a été fournie par l'IGN sur la méthode, le choix des images, le protocole de validation.

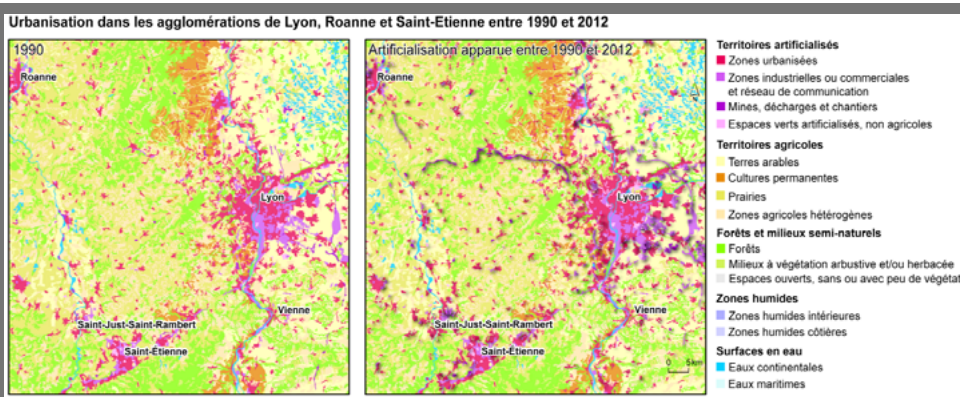
La principale problématique technique sur ce dernier millésime était la diversité des sources disponibles. Pour les premiers millésimes, le choix des images étaient restreints (une seule couverture image Landsat à 30 m pour 1990 qui s'étalait sur plus de 5 ans).

Exemple : suivi de l'anthropisation

Perte de terres agricoles, destruction d'espaces naturels et érosion des sols sont autant de phénomènes liés à l'anthropisation. Les multiples données d'occupation des sols qui existent sur le territoire constituent des outils incontournables pour analyser ces phénomènes, parfois irréversibles.

CLC peut également être intégrée à des études multithématiques, notamment en les croisant avec d'autres bases de données, pour l'analyse d'interactions complexes. Ces bases, couplées avec d'autres données sont par exemple utilisées pour le suivi des espaces protégés, l'étude de la fragmentation des espaces naturels ou encore l'étude des risques d'érosion des sols.

Néanmoins, des limites d'usage découlent des choix métho-



dologiques de CLC. En effet, les évolutions ou les occupations des sols d'extensions limitées en surface à moins de 5ha ne sont pas retracées dans CLC. Ainsi, les éléments de petites superficies et notamment les hameaux ou l'habitat dispersé ne sont que partiellement pris en compte dans le taux d'artificialisation issu de cette source. Il en est de même pour les zones humides de petites tailles (étangs, marais). Cette source ne permet donc pas de réaliser des études locales à grande échelle.

Pour ce dernier millésime, deux couvertures satellitaires et la BD ORTHO® étaient disponibles, ainsi que différentes bases exogènes. La difficulté est de choisir la bonne référence temporelle (année et saison) entre ces sources, de manière à assurer une base homogène au plus proche de l'année de référence (2012). Cette particularité oblige à générer des catalogues d'images adaptés et à hiérarchiser l'exploitation des différentes sources.

Une autre complexité est la résolution des images. Actuellement nous sommes habitués à disposer de sources optiques à très haute résolution (infra-métrique). CLC, pour des raisons historiques est produite sur des images à moyenne résolution (20 et 30 m). Superposer ces données sur des supports précis peut amener à déceler des incohérences de calage ou d'interprétation. C'est pourquoi il est important de comprendre les objectifs du projet, et surtout ses caractéristiques méthodologiques.

Quelles valorisations ?

CLC sert dans de nombreux domaines : aménagement du territoire, environnement, paysages. Pour le dernier millésime publié en 2015, l'un des premiers travaux a été pour le SOeS de mettre

en place des services d'accès libre aux données, via le téléchargement, la consultation en ligne et les web-services.

Une première analyse statistique à l'échelle nationale a été produite pour connaître les grandes tendances d'évolutions d'occupation des sols. Cette analyse, centrée sur le suivi de l'urbanisation a fait l'objet d'une publication¹.

Une batterie d'indicateurs et d'analyses croisées est également mise à jour. Le SOeS génère aussi des supports de communication de type atlas régional², marque-pages, posters avec des focus particuliers : la progression de l'urbanisation, par exemple. Les travaux en cours sont encore nombreux, avec notamment une étude sur la pression anthropique sur les zones à fort enjeu de biodiversité.

Konrad Rolland (SIRS) & Frédérique Janvier (MEEM/CGDD/SOeS)

1 - L'occupation des sols en France : progression plus modérée de l'artificialisation entre 2006 et 2012 - Le point sur n° 219 - décembre 2015

2 - www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr

Production automatique d'une OCS France entière à partir d'images satellites très haute résolution spatiale (THRS)

La chaîne de production automatique développée au Cesbio, dans le cadre du Centre d'Expertise Scientifique sur l'Occupation des Sols (**CES OSO**), s'appuie pour le moment principalement sur l'exploitation des données Sentinel 2 (haute résolution, revisite fréquente), pour une première production de carte d'OCS en 2017. Le pouvoir de revisite de ces satellites permet une analyse temporelle du signal sur un territoire donné, facilitant, entre autres, l'accès au type de culture (estivale, hivernale) en milieu rural, ou au type de végétation en milieu forestier. Des données Sentinel 1 sont également désormais intégrées à la chaîne. Plus de détails sont disponibles dans le précédent bulletin Theia.

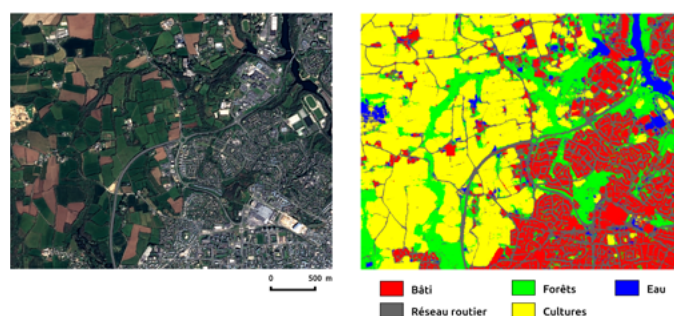
Complémentarité entre THR multi-spectral Spot 6/7 et séries temporelles Sentinel 2

En revanche, la résolution spatiale de cette OCS (10 m) semble limitée pour décrire précisément la géométrie des parcelles et le milieu urbain (manque de texture). L'information contenue dans les images THRS est un moyen de pallier ces limitations.

En parallèle de l'amélioration de la chaîne de traitement développée par le Cesbio, des travaux complémentaires sont en cours à l'IGN dans le cadre d'une thèse débutée en novembre 2015. L'objectif est de fournir annuellement une OCS sur toute la France produite à partir d'images THRS via le portail Theia. Les images en question proviennent des acquisitions Spot 6 et 7, à une résolution après fusion de 1,5 m sur 4 bandes spectrales (RVB-IR) en plus du panchromatique. Les données THRS ne fournissent qu'un faible nombre d'images (1-3) dans une année pour une zone donnée.

Apprentissage profond en adéquation avec le passage à l'échelle des méthodes de génération d'OCS

D'un point de vue méthodologique, les algorithmes d'apprentissages dits « profonds » (réseaux de neurones convolutifs) sont adoptés dans cette thèse. Ils sont mis en œuvre pour plusieurs raisons. Les performances de ces méthodes entre autres dans les tâches de classification sont sans égales depuis 2012. La seconde raison est en lien avec la précédente : ces méthodes sont réputées très robustes du fait de leur potentiel de généralisation (aptitude à reconnaître de nouvelles données). Cette particularité fait de cette famille d'algorithmes un candidat de choix pour notre problématique d'OCS THRS à grande échelle. Il est également intéressant de noter, qu'une fois entraînées, les couches



OCS aux alentours de Brest par apprentissage profond

supérieures du réseau ont des comportements proches d'attributs texturaux et spectraux. Entraîner de tels algorithmes nécessite l'existence d'un jeu de données d'apprentissage très conséquent pour leur prêter cette aptitude à la généralisation. Ce point est en partie résolu grâce aux bases de données topographiques que nous avons à disposition (BD Topo IGN, BD Forêt IGN, RPG), ainsi que le produit fourni par la chaîne iota² du Cesbio.

Résultats préliminaires

Les expérimentations ont, jusqu'à présent, porté sur peu de classes et une zone d'étude restreinte, le but étant de se familiariser avec ces approches et de dimensionner le problème ainsi que de lister les verrous opérationnels liés à l'utilisation des réseaux de neurones.

La zone de test (50 km²) couvre la ville de Tarbes (65). Les classes considérées sont : milieu urbain, cultures, forêt, eau. Les réseaux utilisés sont pour le moment simples (peu de couches). Restreindre le nombre de classes, ainsi que le nombre de couches, permet de réduire les temps de calculs et le sur-apprentissage (mauvaise capacité à généraliser, i.e. classer de nouvelles zones quand la dimension du jeu d'apprentissage est trop faible par rapport aux dimensions du classifieur).

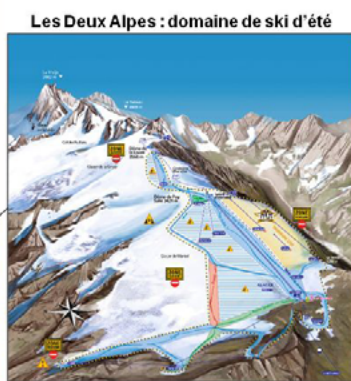
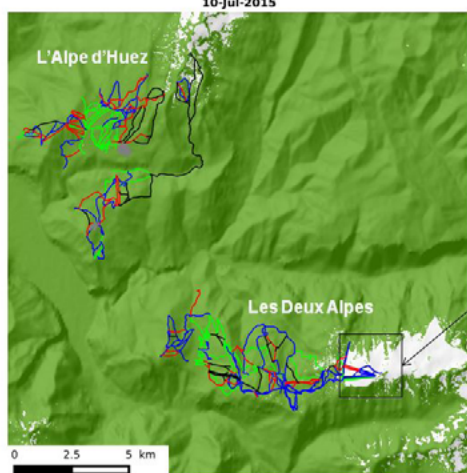
Les premiers résultats sont plutôt prometteurs, si l'on considère qu'aucun traitement avant ou après l'algorithme n'a été effectué. On parvient à un taux de bonne classification supérieur à 85 % pour les réseaux les moins performants. Il faut également prendre en considération qu'augmenter le nombre de classes rendra l'entraînement plus délicat, et des précautions devront être prises (notamment l'augmentation du jeu de données d'apprentissage pour approfondir le réseau, facilitant ainsi la distinction entre les classes) pour étendre le processus de génération d'OCS.

Tristan Postadjian, Arnaud Le Bris, Clément Mallet
(Univ. Paris-Est, LASTIG MATIS, IGN, ENSG)

Suivi de l'enneigement des stations de ski avec Sentinelle 2

Dans le cadre du pôle thématique Theia, le **CES Surface enneigée** prépare la distribution de cartes d'enneigement établies à partir des images Sentinelle 2 pour le début de l'année 2017. Si la méthode utilisée pour la détection du manteau neigeux se base sur des concepts bien éprouvés, la résolution spatio-temporelle des cartes d'enneigement sera en revanche tout à fait inédite. Jusqu'ici les cartes d'enneigement étaient généralement produites à partir des observations Modis à 500 m de résolution ce qui permet de faire des études hydro-climatiques à des échelles plutôt régionales. Les données Landsat étaient finalement assez peu exploitées par les nivologues en raison de leur faible répétitivité. Le déploiement de la mission Sentinelle 2 (couverture globale à 20 m de résolution tous les 5 jours) ouvre de nouvelles perspectives pour le suivi de l'enneigement.

Sentinelle 2A est déjà opérationnelle mais il manque encore sa sœur jumelle Sentinelle 2B pour atteindre la répétitivité de 5 jours. Heureusement nous avons la mission Take 5



qui nous donne du grain à moudre en attendant le lancement de Sentinelle 2B. Un des sites de l'expérience Take 5 (tuile «France-Ecrins») couvre justement le secteur des stations de ski de l'Alpe d'Huez et des Deux Alpes. Les amateurs de ski alpin savent sans doute que la station des Deux Alpes est équipée pour le ski d'été contrairement à celle de l'Alpe d'Huez.

Nous avons donc fait tourner notre chaîne «Let-it-snow» sur cette série d'images Spot 5 Take 5 pour extraire les zones enneigées dans le secteur qui couvre les deux stations de ski entre le 11 avril et le 8 septembre 2015. Ensuite nous avons interpolé une partie des données masquées par les nuages en appliquant les règles suivantes :

- si un pixel masqué par un nuage était enneigé sur l'image d'avant et enneigé sur l'image d'après, alors il est marqué comme pixel enneigé.
- si un pixel masqué par un nuage était non-enneigé sur l'image d'avant et non-enneigé sur l'image d'après, alors il est marqué comme pixel non-enneigé.

Cela permet de remplir une partie des pixels nuageux mais pas complètement. Nous travaillons sur une méthode plus évoluée pour boucher tous les trous causés par les nuages. Enfin, nous avons simplement plaqué les masques de neige sur une image du relief et superposé le plan des pistes de ces deux stations.

On peut vérifier que le domaine de ski d'été des Deux Alpes est effectivement bien enneigé en été ! La limite de l'enneigement suit parfaitement la piste bleue «Signal» en limite basse du domaine. En revanche le satellite ne nous dit pas si c'est de la neige naturelle...

Simon Gascoin (Cesbio / Cnes)

Carte d'enneigement du 10 juillet 2015 et plan des pistes du domaine de ski d'été des Deux Alpes

Un indicateur spatialisé pour l'estimation et le suivi du risque de transmission du paludisme

Le **CES Risques maladies infectieuses** a pour objectif de produire, à partir de données de télédétection, des indicateurs spatialisés entrant dans la construction des cartes d'aléa et de risque associées à diverses problématiques de santé, dont le paludisme.

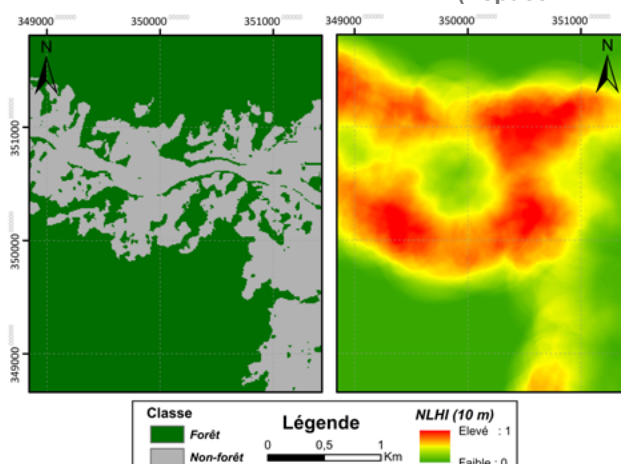
Environ 214 millions de cas de paludisme, dont 438 000 décès, ont été déclarés en 2015 d'après l'Organisation Mondiale de la Santé. Le recul de la maladie, enregistré au cours des quinze dernières années, permet toutefois d'envisager son élimination globale à l'horizon 2030, dans le cadre des Objectifs de Développement Durable de l'Organisation des Nations Unies.

Dans ce contexte, un indicateur appelé Normalized Landscape-based Hazard Index (NLHI) a été développé (Li et al., Remote sensing, 8(4), 2016). Le NLHI quantifie et spatialise la contribution de la surface et de la structure des zones déforestées au risque de rencontre homme-vecteur en Amazonie, et participe ainsi de manière significative à l'estimation du risque de transmission.

Le NLHI est un indicateur robuste construit à partir d'une caractérisation simple de l'occupation du sol (Forêt vs. Non-forêt), permettant sa production automatique et régulière. Cette dernière s'appuiera sur les produits d'autres CES, tels que le CES Occupation des sols, et sur la mise en œuvre de chaînes génériques de traitement haute performance associées à l'infrastructure

de données et de service Geosud. Il s'agit d'une avancée significative vers la production routinière de cartes de risque de transmission du paludisme, qui devra idéalement intégrer les caractéristiques des vecteurs et des humains, aux échelles populationnelle et individuelle.

Nadine Dessay, Zhichao Li et Emmanuel Roux
(Espace DEV/IRD)



Normalized Landscape-based Hazard Index relatif au paludisme dans la région de Camopi (Guyane française) et calculé à partir d'une carte d'occupation du sol Forêt – Non-forêt. Cette dernière a été réalisée à partir d'une image multispectrale Spot 5 acquise le 17/10/2009 et d'une résolution spatiale de 10 m.

Suivi des surfaces continentales par altimétrie satellitaire

L'altimétrie satellitaire, initialement développée pour la détermination des ondulations du géoïde marine et le suivi de la topographie dynamique des océans, a démontré un fort potentiel pour l'étude des calottes polaires et des surfaces continentales.

Le Centre de Topographie des Océans et de l'Hydrosphère (CTOH) est un Service national d'observation de l'Institut national des sciences de l'univers (Insu) et de l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD). Basé au Laboratoire d'Etudes en Géophysique et Océanographie Spatiales (Legos), à l'Observatoire Midi-Pyrénées (OMP), il est spécialisé dans le traitement et la distribution des données d'altimétrie satellitaire radar. Conscient des enjeux liés à la meilleure compréhension du cycle de l'eau sur les continents, il propose de nouveaux outils et produits destinés aux spécialistes de l'observation de la terre par des moyens spatiaux et souhaitant développer de nouvelles applications dans le domaine de l'hydrologie spatiale, aux modélisateurs du cycle de l'eau à la recherche de données pour valider ou forcer les modèles hydrologiques et hydrodynamiques et aux hydrologues travaillant à l'échelle du bassin versant et souhaitant bénéficier de sources de données complémentaires aux mesures qu'ils utilisent classiquement.

A ces différents utilisateurs, le CTOH fournit une expertise de la physique de la mesure altimétrique en domaine continental, des logiciels dédiés à la simulation et au traitement des mesures altimétriques et de nouveaux produits d'hydrologie spatiale.

Le CTOH est fortement impliqué dans les phases de définition scientifique et étalonnage des nouvelles missions d'altimétrie nadir ou LRM (Low Resolution Mode), SAR (Synthetic Aperture Radar) ou d'altimétrie à large fauchée qui sera testée, pour la première fois, sur la mission Surface Water and Ocean Topography (Swot). Il participe également aux efforts visant à améliorer la qualité des données des missions altimétriques historiques afin d'obtenir de longues séries temporelles de données les plus homogènes possibles en termes de traitements appliqués aux observations. Le CTOH a développé des corrections des mesures altimétriques spécifiques aux surfaces continentales et a retraité l'ensemble des échos radar de la mission ERS-2 de l'Agence spatiale européenne (ESA) avec des algorithmes adaptés pour le suivi des surfaces continentales et des calottes polaires. Le produit résultant a des caractéristiques similaires à la dernière version des données d'Envisat, satellite volant sur la même orbite que son prédécesseur ERS 2 (Figure 1).

L'équipe a également développé un simulateur d'échos radars altimétriques (ou formes d'onde). Dans des environnements

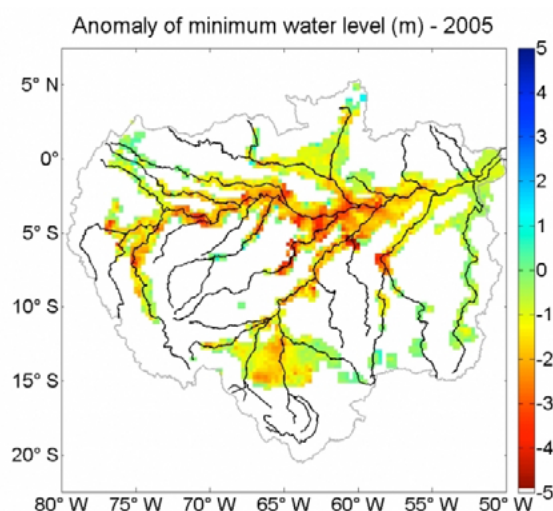


Fig. 2 : Différences, en mètres, entre les minima de hauteur d'eau de surface en 2005 et le minimum moyen de cette hauteur sur la période 2003-2007, obtenus en combinant l'extension des surfaces inondées fournies par l'imagerie spatiale et les niveaux provenant de l'altimétrie satellitaire.

complexes et très inhomogènes comme les surfaces continentales, la modélisation électromagnétique permet de mieux comprendre et corriger partiellement les erreurs qui peuvent perturber la reconstitution des hauteurs d'eau à partir des mesures altimétriques. Elle distribue également le logiciel Maps (Multi-mission Altimetry Processing Software), mis au point avec une équipe d'Environnements et Paléoenvironnements Océaniques et Continentaux (Epoc), utilisé pour dériver les variations temporelles de hauteur d'eau des hydro-systèmes continentaux à partir des mesures altimétriques.

Elle participe au développement de nouveaux produits d'hydrologie spatiale comme les cartes mensuelles de hauteur d'eau dans différents grands bassins fluviaux, obtenues en combinant l'extension des surfaces inondées fournies par l'imagerie satellitaire et les niveaux provenant de l'altimétrie satellitaire (Figure 2). Ces jeux de données sont une source d'information unique permettant de mesurer les variations interannuelles de quantité d'eau présente en surface et préfigurent les données que fournira la future mission Swot, développée conjointement par le Cnes et la Nasa, et dont le lancement est prévu aux alentours de 2020.

Toutes ces informations et bien d'autres encore sont disponibles sur les pages dédiées aux surfaces continentales du site du CTOH <http://ctoh.legos.obs-mip.fr>.

Frédéric Frappart, Fabien Blarel, Denis Blumstein, Fernando Niño (Legos / Observatoire Midi-Pyrénées)

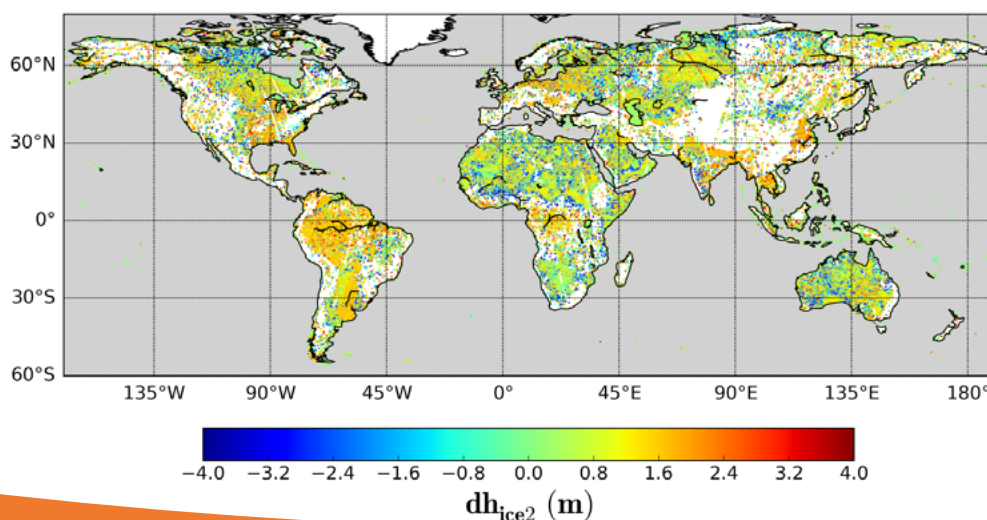


Fig. 1 : Différence moyenne entre les hauteurs mesurées par ERS 2 (retraitement CTOH) et Envisat (v2.1) au cours de la période tandem (juin 2002-juillet 2003) au cours de laquelle les deux satellites parcouraient la même orbite à une demi-heure d'intervalle.

Technologies d'observation environnementale pour l'agriculture et les risques naturels

Le Consortium de Valorisation Thématique d'AllEnvi a publié une analyse stratégique collective (ASCo) sur les technologies d'observation environnementale pour l'agriculture et les risques naturels. Le comité de pilotage de l'ASCo comptait, parmi ses membres, Nicolas Baghdadi (Theia) et Pierre Maurel (Geosud). Cette étude a identifié les opportunités de marchés à l'horizon 2020-2025 et les a mises en rapport avec les axes de recherche, afin d'aider à préparer les transferts de technologies et de compétences en adéquation avec le développement de nouveaux services associés dans le domaine de la télédétection.

Satellites et drones : 2 études sectorielles distinctes

Dans l'étude consacrée aux satellites, la chaîne de valeur du marché de l'observation de la Terre est présentée, ainsi que les marchés concernant les satellites dédiés, incluant un focus sur les microsatellites. La vente de données spatiales et de services associés apparaît comme un secteur économique à la fois bousculé et en croissance ; en ce qui concerne les services à valeur ajoutée, AllEnvi dispose d'atouts intéressants, tant par leur complémentarité par rapport aux dispositifs publics gratuits existants que par le niveau d'excellence et la force du réseau des laboratoires de recherche.

Dans l'étude dédiée aux drones, l'analyse porte sur le marché économique, ses acteurs et leurs tactiques. En particulier pour les applications agricoles et liées aux risques naturels, les nombreux avantages liés à l'utilisation des drones font plus que compenser leurs inconvénients. Les évolutions techniques prévisibles des drones sont également présentées.

Les applications agricoles

L'agriculture commence à se saisir de l'outil numérique : les leviers d'adoption des technologies de télédétection, mais aussi les freins, sont placés dans ce contexte. Les principaux besoins

du monde agricole en matière de télédétection sont analysés. L'agriculture de précision apparaît comme le secteur le plus fécond pour le développement de partenariats et transferts technologiques, étant donné d'une part qu'il semble économiquement solide et d'autre part que les thèmes des recherches scientifiques menées par AllEnvi, souvent transverses (humidité des sols, cycle de l'eau...), sont concrétisés notamment via des projets régionaux, confrontés à la réalité du terrain et à vocation internationale.

La télédétection pour les risques naturels

La pression économique et sociétale des catastrophes naturelles ne fait qu'augmenter. Ces technologies sont impliquées à toutes les étapes des risques. Les pouvoirs publics, de par leur légitimité, en sont les utilisateurs les plus évidents. Il n'existe pas de marché spécifique des risques naturels. Les acteurs publics et privés partagent les mêmes approches économiques pour intégrer la télédétection dans la gestion des risques. Parmi les secteurs privés, celui de l'assurance ne serait pas le plus profitable pour valoriser les savoir-faire issus des données d'observation environnementale acquises par satellite ; ce constat est plus nuancé quand il s'agit de données acquises par drones. En revanche, la surveillance d'infrastructures et de chantiers bénéficierait d'un terrain plus fertile. Dans ce domaine, AllEnvi, par sa grande implication dans de nombreux projets internationaux et une certaine expérience en collaboration public-privé, fait figure d'acteur majeur.

Enfin, les forces et les faiblesses d'AllEnvi en matière d'observation environnementale pour l'agriculture et les risques naturels ont été mises en regard avec les opportunités et les menaces. Cette approche a permis de dégager les axes d'innovation ayant a priori le plus de chances d'aboutir, selon des démarches de valorisation.

Si vous souhaitez obtenir cette étude, veuillez nous adresser une demande par email à contact@cvt-allenvi.fr

François Christiaens (CVT AllEnvi)



© Christian Slagmulder / Inra



Bulletin Theia

Directeurs de publication : N.Baghdadi (Irstea), A.Sellé (Cnes)

Conception - réalisation : S. Ayoubi (Theia)

Ont contribué à ce numéro : S.Ayoubi (Theia), N.Baghdadi (Irstea), N.Bellec (GIS BreTel), F.Blarel (OMP), D.Blumstein (OMP), F.Christiaens (CVT Allenvi), J.F.Dejoux (CNRS), N.Dessay (IRD), F.Frappart (OMP), S.Gascoin (Cnes), J.Inglada (Cnes), F.Janvier (MEEM), A. Le Bris (IGN), Z. Li (IRD), C. Mallet (IGN), F.Niño (OMP), T.Postadjian (IGN), K.Rolland (SIRS), B.Rosier (Onera), P.Rossello (GeographR), E.Roux (IRD)