



**HAL**  
open science

## Apport des observations spatiales pour l'agriculture

Agnès Ducharne, Yves Brunet

► **To cite this version:**

Agnès Ducharne, Yves Brunet. Apport des observations spatiales pour l'agriculture. Bulletin Données et Services pour les Surfaces Continentales, 2018, 9, pp.13. <hal-02619977>

**HAL Id: hal-02619977**

**<https://hal.inrae.fr/hal-02619977v1>**

Submitted on 25 May 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire HAL, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons CC BY 4.0 - Attribution - International License

## ACTUALITÉS

### SOMMAIRE

Actualités	1
Occupation des sols	4
Accès aux données	6
Produits thématiques	8
Animation régionale	10
Expertise scientifique	11
Agriculture	12

## Mot des directeurs scientifique et technique

Theia continue d'œuvrer pour atteindre ses objectifs de mise à disposition d'imagerie satellitaire et de produits à valeur ajoutée calibrés et validés, mais également de développement d'algorithmes innovants, de participation à l'effort de structuration des données in-situ, d'organisation d'ateliers et de séminaires méthodologiques et thématiques pour favoriser l'échange entre scientifiques mais aussi entre scientifiques et acteurs publics.

Theia est aussi fortement impliqué dans la mise en place de l'Infrastructure de recherche « IR Système Terre » et participera à la réussite du nouveau programme Space Climate Observatory.

Notre collègue et amie, Selma Cherali, membre du Bureau exécutif Theia, prend une nouvelle responsabilité, celle du programme Space Climate Observatory. Au nom du bureau exécutif Theia, nous tenons à la remercier pour sa contribution à la naissance de Theia et son implication sans limite dans la promotion du pôle et son rayonnement. La connaissant bien, elle restera en contact de notre communauté Surfaces Continentales.

Un grand merci à toutes et tous pour vos contributions.



Nicolas Baghdadi Arnaud Sellé

### Début de distribution des produits Venüs

Le pôle Theia a commencé à distribuer en temps quasi réel les produits Venüs de niveau 1C (L1C). Quelques jours après leur acquisition, les produits sont disponibles sur [theia.cnes.fr](http://theia.cnes.fr).

Venüs acquiert systématiquement depuis janvier 2018 des données sur tous les sites sélectionnés. Quelques acquisitions ont de temps en temps été manquées pour diverses raisons techniques. Ces défauts d'acquisition deviendront progressivement moins fréquents. L'ensemble des sites Venüs n'est pas encore disponible sur le site Theia, car la réalisation des images de références qui permettent d'effectuer la superposition multitemporelle prend du temps et dépend de l'obtention d'images claires.

La phase de recette en vol de la mission Venüs n'est pas encore terminée pour ce qui concerne la qualité des images. Ce retard est dû à plusieurs difficultés dont les plus importantes sont détaillées dans ce bulletin.

Ces difficultés n'empêchent pas l'utilisation des données, aussi le Cnes a-t-il décidé de traiter et de distribuer les images au niveau L1C. Ce niveau correspond à des images orthorectifiées de réflectances au sommet de l'atmosphère. Ces produits portent le numéro de version 0.9, ce qui signifie qu'ils feront l'objet d'ici quelques mois d'un retraitement avec des performances améliorées.

La distribution des produits de niveau 2 (réflectances de surface) commencera fin mai ou début juin 2018.

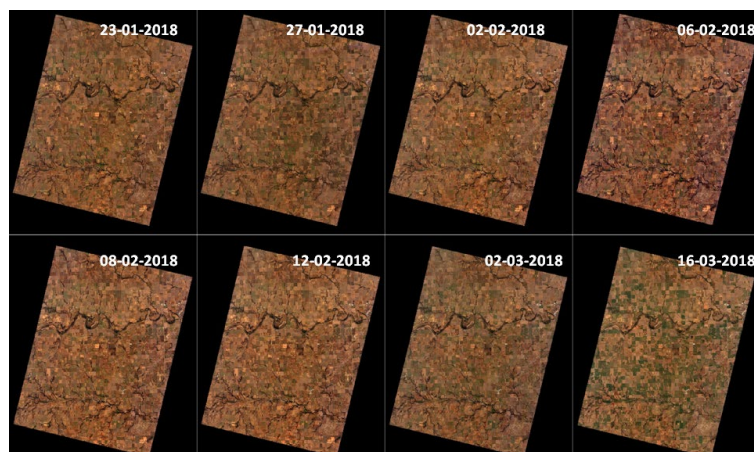
Une description simplifiée du format du produit L1C est disponible sur le [blog Multitemp](#). La description complète du format sera bientôt disponible sur le site du [Cnes](#).

Gérard Dedieu (Cesbio / Cnes)

### Atelier Télédétection pour l'Etude des Milieux Urbains



La 2ème édition de l'atelier Télédétection pour l'Etude des Milieux Urbains (Temu) a été organisée les 19 et 20 mars derniers à l'Université de Strasbourg. Ces journées, organisées avec le soutien du Cnes, de Theia - Kalideos Alsace et de la Zaeu ont rassemblé une soixantaine de participants, issus du domaine de la recherche et du monde socio-économique, en particulier du Grand Est. Les avancées méthodologiques liées aux différents enjeux importants pour le milieu urbain (îlot de chaleur et climatologie urbaine, lien avec végétation, extraction et évolution des surfaces artificialisées, etc.) ont ainsi été présentées. Ces journées ont aussi démontré que ce type de rencontres permet d'identifier les interlocuteurs spécialisés afin de développer les collaborations entre la recherche et le domaine des applications. Ces échanges sont >>



Série temporelle d'images Venüs acquises en Oklahoma (USA) et traitées au niveau 2A (avec un 1er essai de correction atmosphérique)

>> indispensables afin de proposer des démarches cohérentes et scientifiquement correctes permettant d'aboutir à des études utiles pour la gestion durable des territoires. Ces réflexions alimenteront les travaux menés et en cours par les partenaires impliqués dans le CES artificialisation – urbanisation, albédo ainsi que dans le CES LST/LSE, températures de surface et émissivité, nouvellement créé.

Anne Puissant (LIVE / Unistra) et Laure Roupioz (Onera / Toulouse)

## Retour sur le séminaire DL2T

L'objectif des journées « Deep Learning - Télédétection - Temps », organisées par Pierre Gañçarski (ICube), Dino Ienco et Christiane Weber (Tetis) dans le cadre du CES Détection de changements, était de réunir :

- des spécialistes et utilisateurs du Deep Learning pour l'analyse de séries temporelles de données
- des thématiques des Sciences de l'Environnement, de l'Observation de la Terre, ...
- des méthodologues de la télédétection (informaticiens, traiteurs d'images ...)
- des entreprises du domaine

pour discuter et échanger sur les potentialités mais aussi les limites du Deep Learning pour l'analyse de séries d'images de télédétection.

Organisées à Paris les 29 et 30 novembre 2017, ces journées ont suscité un intérêt très fort de la part des différentes communautés scientifiques mais aussi d'entreprises du domaine. Elles ont ainsi compté 145 inscrits avec une participation d'environ 120 personnes la 1<sup>ère</sup> journée et environ 100 personnes la 2<sup>ème</sup> journée.

Le programme mis en place a alterné des présentations d'ordre thématique et des présentations plus orientées méthodologie pour permettre aux différentes communautés scientifiques de mieux se comprendre et mieux interagir. Des débats animés via les tables rondes ont suivi les présentations. Ils ont conclu sur le fait que si les techniques Deep Learning seront



Animation des ateliers DL2T par Pierre Gañçarski et Dino Ienco

de plus en plus utilisées en Observation de la Terre et que les approches proposées jusqu'à présent dans un contexte de vision par ordinateur semblent adaptables aux séries temporelles d'images satellitaires, elles nécessitent encore des études et validations scientifiques et techniques poussées.

Ainsi, à titre d'exemple, des questionnements forts restent ouverts sur des approches permettant de traiter des observations multi-échelles (la même zone peut être observée à échelles spatiales différentes) ou multi-capteurs (la même zone peut être observée à travers des capteurs différents). Mais aussi sur les modalités de construction de réseaux capables d'extraire et caractériser des objets d'intérêt extrêmement hétérogènes (grandes étendues d'eau vs pavillon sur une dizaine de pixels par exemple).

Enfin, un point très important a été soulevé sur l'interactivité des processus de Deep Learning avec l'expert qui, au-delà des bonnes performances, veut comprendre ce que le modèle est en train de faire et comment il fonde ses décisions.

Les échanges lors de ces journées, bien que très enrichissants, se sont avérés malheureusement trop courts en temps et en visualisation d'exemples issues d'expériences ou de réponse à des problèmes réels. Le « consensus » final est qu'il est indispensable de continuer à travailler ensemble sur ces différents aspects afin de proposer des solutions utilisables rapidement dans les différents domaines abordés par les CES Theia.

Pierre Gañçarski (Unistra)  
Dino Ienco (Tetis / Irstea)

## Co-animation ART PACA

L'animation régionale Theia en région Provence-Alpes-Côte d'Azur (ART PACA), qui a pour principale mission de faciliter l'usage des images issues de l'observation des surfaces continentales à partir de plateformes aéroportées et spatiales, était jusqu'à présent assurée par GeographR. Elle sera désormais confiée à GeographR qui poursuit sa mission et le Centre Régional de l'Information Géographique en région Provence-Alpes-Côte d'Azur (CRIGE PACA).

Ce partenariat a pour vocation de :

- développer le réseau régional d'acteurs publics et privés, utilisateurs et/ou producteurs de données aériennes et spatiales,
- créer une communauté d'utilisateurs et stimuler la coopération,
- sensibiliser les professionnels (État, collectivités territoriales, gestionnaires de territoires, associations, entreprises...) sur le potentiel de la télédétection,



Centre Régional  
de l'Information  
Géographique

Provence-Alpes  
Côte d'Azur

- favoriser l'usage des ressources satellitaires,
- renforcer les compétences techniques et scientifiques des utilisateurs,
- identifier les besoins des utilisateurs et producteurs de données,
- organiser des sessions de formation,
- proposer des événements dédiés à la télédétection,
- encourager les utilisateurs à participer aux centres d'expertise scientifique (CES) : retours d'expériences, validation de produits satellitaires, apports méthodologiques, techniques et scientifiques...

Le but est de contribuer à l'amélioration des connaissances et soutenir les efforts des institutions publiques impliquées dans l'observation de la Terre, œuvrant pour une meilleure gestion durable des territoires dans ses dimensions anthropiques et environnementales.

Claire Ajouc (CRIGE-PACA)  
Philippe Rossello (GeographR)

## Colloque Bilan et Prospective du PNTS

Le Programme National de Télédétection Spatiale a tenu son colloque Bilan et Prospective à Grenoble, les 20 et 21 mars 2018. Le colloque s'est organisé entre autres autour de trois sessions centrées sur les problèmes inverses, les séries temporelles et les synergies innovantes.

Durant la mandature 2012-2017, 60 projets, dont 3 demandes de soutien à des colloques, ont été financés pour un total de 784 k€, avec en moyenne 2.1 publications par projet. Cinq journées thématiques ont aussi été organisées.

Pour les prochaines années, le programme souhaite soutenir des thèmes tels que l'inversion et la synergie de données spatiales, les incertitudes, la modélisation du transfert radiatif, l'observation et la modélisation 4D du système Terre, ou l'exploitation des capteurs géostationnaires. Il souhaite également promouvoir l'application de récentes techniques déjà éprouvées dans le domaine des mégadonnées. Ne manquez pas le prochain appel à projets du PNTS autour du 30 juin 2018 sur le site du Programme National de Télédétection Spatiale.

Audrey Minghelli (LIS / Univ. Toulon)  
Eric Defer (LA / CNRS, UPS) pour le CS du PNTS

## La gestion de l'eau en 2018 : une préoccupation mondiale

Plusieurs rencontres ont été organisées cette année autour de l'apport de technologies spatiales pour une meilleure gestion de l'eau dans plusieurs régions du monde.

### Atelier sur l'apport des images satellite pour le développement durable

Cet atelier qui s'est tenu les 6 et 7 mars 2018 au CRTS à Rabat (Maroc) était principalement centré autour de l'apport des données spatiales pour les ressources en eau et l'agriculture. Un des objectifs de l'atelier était de rassembler et encourager les travaux menés par la communauté scientifique au Maroc et présenter les premiers résultats des projets relatifs à l'appel d'offre Theia sur Sentinelle 2.

Les 27 présentations ont porté sur les programmes spatiaux dont Copernicus, les produits et services offerts par la communauté internationale, des programmes et projets tout particulièrement GMES pour l'Afrique, des méthodes et techniques de traitement et de valorisation des données images et des études de cas.

Sur les 110 participants, 40 % étaient des chercheurs, enseignants et étudiants membres de 12 institutions de formation et de recherches nationales et internationales, les autres 60% des utilisateurs provenant des départements ministériels et institutions opérationnelles dans le domaine de l'eau et agriculture. 11 pays de l'Afrique étaient représentés.

### 8e Forum mondial de l'eau à Brasilia

De nombreux participants étaient réunis pour cette édition qui s'est tenue du 18 au 23 mars 2018 à Brasilia (Brésil). Les acteurs français de l'eau se sont de nouveau distingués par leur forte mobilisation qui a permis des avancées importantes dans la perspective de l'atteinte des objectifs de développement Durable (ODD).

Ces avancées doivent être portées dans la préparation et la tenue du Forum Politique de Haut Niveau (HLPF) prévu à New York du 9 au 20 juillet 2018. Cette « COP des ODD » doit être un tournant : cette année, un examen particulier sera accordé à l'ODD6 sur l'Eau.

Le Cnes, au nom des partenaires du groupe hydrologie spatiale du programme préparatoire Swot aval, a participé à l'évè-



nement Sciences de l'eau et Systèmes d'information. Des solutions innovantes pour l'ODD6 ont été présentées sur le stand français (PFE) : produits dérivés du spatial, apport des données in-situ, modèles (niveaux des surfaces en eau, humidité des sols) et produits à valeur ajoutée. Ces informations seront intégrées dans une base de données d'informations spatialisées, Hydroweb NG. Les avancées autour du bassin du Congo géré par la Cicos ont été présentées par l'AFD et le Cnes lors d'une session thématique dédiée à la gestion de l'eau dans les bassins transfrontaliers.

### Atelier régional sur le suivi hydrologique et applications spatiales sur le bassin du Congo

Dans le cadre des activités Swot-aval de mise en place de chantiers pilotes en hydrologie spatiale, un atelier de restitution des travaux sur le bassin du Congo a été organisé par la Cicos les 7 et 8 mars 2018 à Yaoundé (Cameroun).

Cet atelier fut l'occasion de sensibiliser l'ensemble de participants aux usages du spatial en hydrologie. La démarche employée sur le bassin du Congo, premier chantier pilote, a été saluée : densification du réseau hydrométrique avec l'altimétrie spatiale, mise en place d'un système d'information hydrologique et développement de services aval opérationnels sur la navigation et le potentiel hydroélectrique.

Les 7 institutions françaises du groupe de travail sur l'hydrologie spatiale étaient présentes : AFD, Oieau, CNR, BRL, Irs-tea, IRD et Cnes, de même que les députés parlementaires des 6 pays de la Cicos, les représentants des Ministères de l'Eau et services hydrologiques des 10 pays du bassin du Congo, les représentants des bassins du Sénégal, Niger, Tchad et Volta, l'OMM et la GIZ.

La cérémonie d'ouverture était présidée par M.Ousman représentant le Ministre de l'Eau et de l'Energie de la République du Cameroun et ponctuée des discours de la Secrétaire Générale de la Cicos, la représentante du Cnes et le Directeur Cameroun de l'AFD.

Les retours de cet atelier sont très positifs. Les personnes présentes sont convaincues de l'apport du spatial et de la complémentarité des données in-situ et spatiales. Les présentations de chaque pays et bassin ont montré l'état déplo-



nable du réseau in-situ, le Gabon n'ayant par exemple, plus aucune mesure terrain. Les pays souffrent d'un manque de techniciens pour maintenir les réseaux in-situ. Pour tenter d'y remédier, les financements des bailleurs de fond (AFD, Banque Mondiale) et projets (OMM) évoluent en obligeant, dès le départ des projets, les pays et régions à mobiliser les moyens pour assurer la pérennité des mesures. Les députés présents à l'atelier sont aussi prêts à porter le message dans leurs assemblées nationales respectives et à demander les moyens financiers nécessaires pour la formation et maintenance des réseaux.

### Atelier Water from Space in South America

Cette 2<sup>ème</sup> édition s'est déroulée à Santiago de Chile (Chili) du 26 au 29 mars 2018 après l'édition 2016 à Rio de Janeiro. Impulsé par les scientifiques sud-américain et français de la Science Team Swot et de Swot aval, l'atelier est organisé par l'Université de Concepcion, avec le soutien des agences spatiales (Cnes, Nasa) et de l'Institut de Recherche pour le développement (IRD). Cet événement a rassemblé 75 participants, représentant différents pays d'Amérique du Sud, les Etats-Unis et la France.

Les experts ont discuté du contexte global de la mesure spatiale appliquée à différents aspects de l'hydrologie continentale et présenté la future mission altimétrique haute-résolution Swot et les apports attendus en Amérique du Sud dans le domaine de la recherche et des applications. La première journée s'est déroulée au salon d'honneur de l'assemblée nationale et a permis de sensibiliser les décideurs politiques chiliens aux enjeux du spatial pour l'eau. L'atelier a ensuite été hébergé à l'Université Technique du Chili où des équipes locales de chercheurs et étudiants ont activement participé aux discussions scientifiques et suivi des formations sur les outils d'analyse des données spatiales (logiciel libre OTB du Cnes, simulateur Swot).

Suite au succès de cette deuxième édition de journées « Swot » en Amérique du Sud, il a été convenu de continuer cette initiative sous la forme de conférences annuelles - la prochaine est pressentie pour Manaus en 2019.

### Selma Cherchali (Cnes)



## Carte d'occupation des sols OSO 2017



La carte d'occupation des sols 2017 réalisée avec les images des deux satellites Sentinel 2 a été mise à disposition le 9 avril 2018 par le Centre d'expertise scientifique Occupation des sols.

Vous pouvez la visualiser en utilisant l'[interface de visualisation](#).

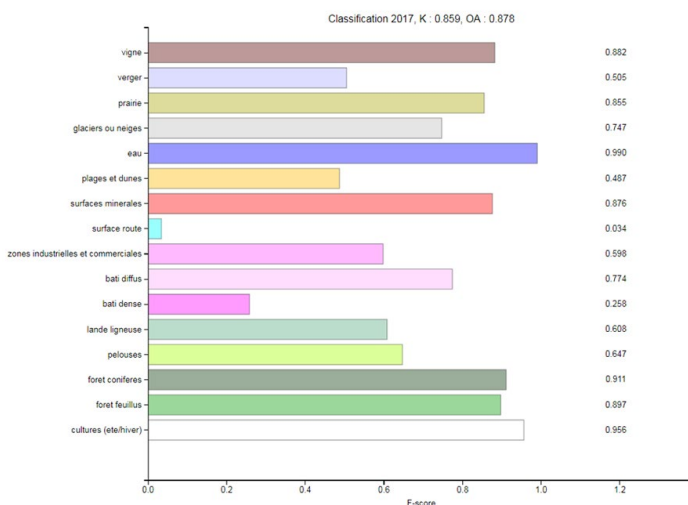
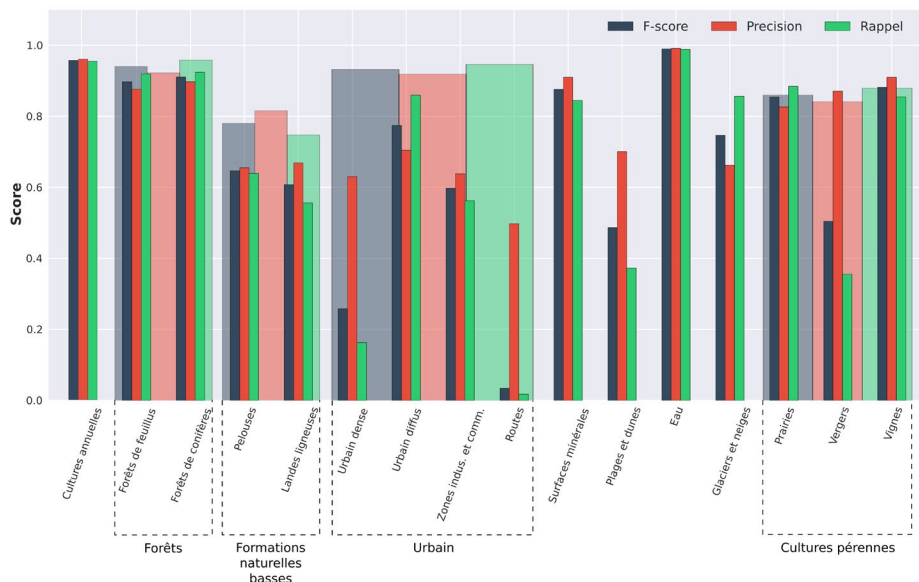
En attendant les produits vectorisés au format ESRI Shapefile, les fichiers raster au format Geotiff sont disponibles pour le téléchargement :

- o [occupation des sols](#) (719 Mo), [nomenclature](#),
- o [carte de validité](#) (804 Mo)
- o [carte de confiance](#) (4.1 Go)

Les produits vectorisés au format ESRI Shapefile seront prochainement mis à disposition.

La qualité globale de la carte est très satisfaisante, même si, comme pour les versions précédentes, certaines classes sont mal reconnues. La figure ci-dessous montre les statistiques globales mesurées sur un jeu de données différent de celui utilisé pour l'apprentissage.

Les regroupements de classes proposés (forêts, formations naturelles basses, urbain et cultures pérennes) correspondent à



Nomenclature de 17 classes pour la carte d'occupation des sols OSO 2017

l'union de classes qui sont souvent confondues entre elles. Ceci peut être observé aussi sur la matrice de confusion page suivante.

Les valeurs dans les cases de la matrice correspondent au comptage des pixels de validation. La vraie classe est en ligne et la classe obtenue sur la carte est en colonne.

### Genèse

Une des caractéristiques intéressantes de la carte OSO est d'être disponible avant la fin du premier trimestre qui suit la fin du millésime. Le millésime 2017 devait être le premier produit par l'infrastructure de données spatiales (IDS) de Theia, mais, malheureusement, cette mise en production a pris un retard conséquent.

Au Cesbio, Arthur Vincent et Vincent Thierion ont accepté d'assumer la charge de travail que suppose cette production. Même si la chaîne est complètement automatique, le fait qu'elle ne soit pas intégrée à l'IDS Theia demande du travail manuel pour la préparation des données : télécharger 1 an de données Sentinel 2 sur la France métropolitaine demande de jongler avec les espaces disques toujours trop limités, par exemple. Il y a aussi le travail de préparation de la donnée de référence, le paramétrage de la chaîne, le suivi de la production et la validation des résultats. Il faut compter 3 à 4 semaines pour tout faire. Et pendant ce temps là, le travail d'amélioration de iota2, la recherche méthodologique, les expérimentations thématiques, c'est à dire, le travail propre à une équipe de recherche s'arrête. C'est pourquoi il faut saluer le dévouement de l'équipe OSO du Cesbio.

Il faut compter 3 à 4 semaines pour tout faire. Et pendant ce temps là, le travail d'amélioration de iota2, la recherche méthodologique, les expérimentations thématiques, c'est à dire, le travail propre à une équipe de recherche s'arrête. C'est pourquoi il faut saluer le dévouement de l'équipe OSO du Cesbio.

Nous avons donc fait ce travail et même plusieurs fois. Nous avons d'abord produit une carte en utilisant des données Sentinel 2A de janvier à octobre 2017 (tout ce qui était disponible en fin d'année 2017 au niveau 2A produit par Theia). Cette production a utilisé la carte 2016 pour avoir des échantillons de cultures d'été et d'hiver, car le dernier RPG disponible datait de 2014. >>

Indicateurs de qualité (Précision, Rappel et F-score) de la classification OSO extraits de la comparaison d'OSO 2017 avec d'autres données

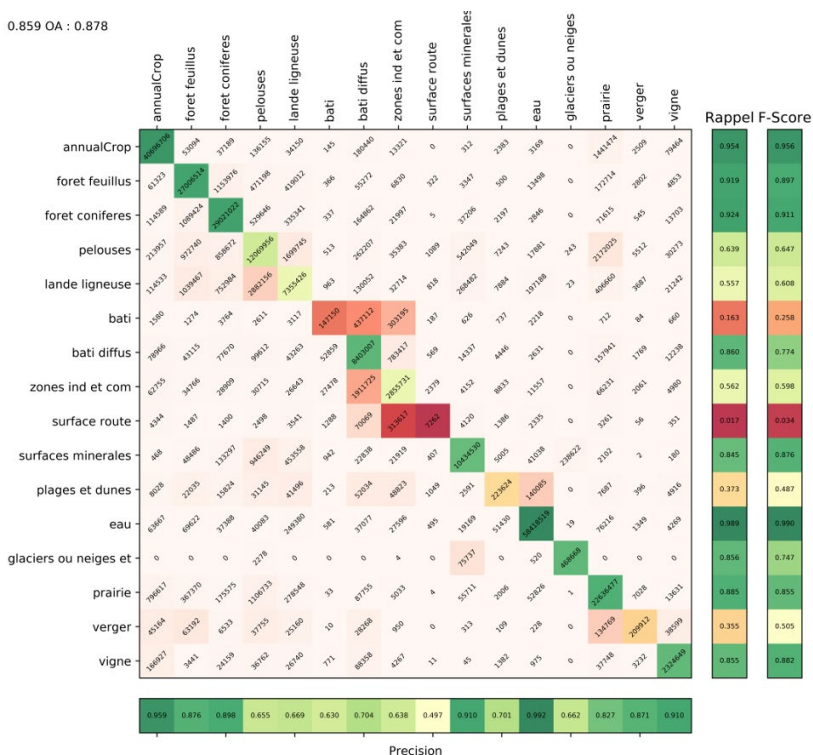
>> Le RPG 2016 nous a été fourni en janvier 2017, au moment où nous terminions la production de cette carte. Nous avons décidé donc de refaire la production en utilisant le RPG 2016 et cette nouvelle carte a été terminée début mars.

Comme nous avons encore un peu de temps devant nous, et que Theia commençait à rendre disponibles de nouvelles acquisitions Sentinelle 2, notamment des images du 2ème satellite, Sentinelle 2B, nous avons donc relancé la production avec toutes ces données : toutes les acquisitions Sentinelle 2A de janvier à décembre 2017 et toutes les données Sentinelle 2B disponibles (juillet et septembre-décembre). La préparation de tout ce volume de données nous a pris beaucoup de temps et la production n'était pas tout à fait finie fin mars. Le millésime 2017 a donc été distribué en retard par rapport à la spécification du produit.

Jordi Inglada (Cesbio / Cnes)

Matrice de confusion de mesure de la qualité du système de classification d'OSO 2017

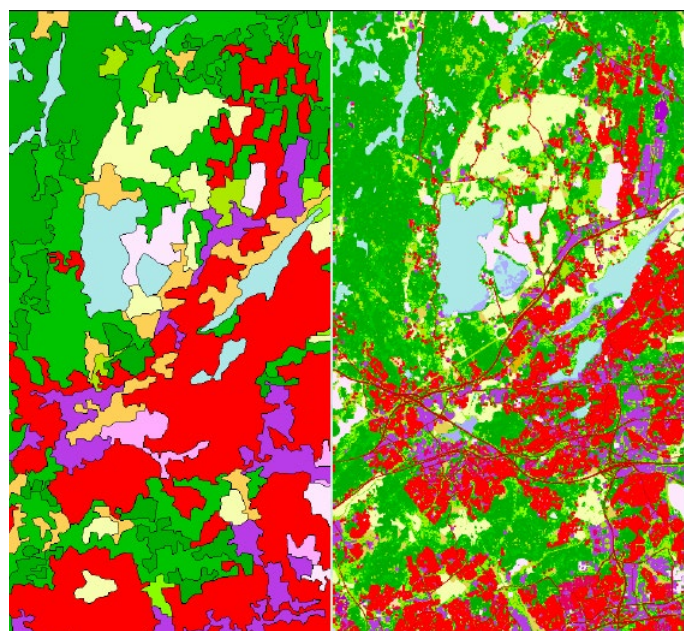
0.859 OA : 0.878



## Vers les produits CORINE Land Cover seconde génération

Lancé en 1985 sous l'impulsion de l'Union européenne (UE) et de l'Agence européenne pour l'environnement (AEE), CORINE Land Cover (CLC) est un inventaire biophysique d'occupation du sol. Produit par les États membres, il fournit une photographie régulière et homogène de l'Europe depuis 1990. Le millésime 2018 est en cours de production, pour une diffusion en fin d'année.

CLC est le produit historique du service de surveillance des terres de Copernicus (programme européen d'observation de la Terre) ; il s'inscrit pleinement dans l'appui aux politiques publiques. À cet effet, il doit évoluer pour continuer à répondre aux enjeux de préservation de la biodiversité et la lutte contre le changement climatique, grâce à une évaluation plus précise et plus fréquente de l'occupation du sol. Les objectifs sont de bâtir des produits stables et répondant à une majorité de besoins



© Finnish Environment Institute, SYKE

pour les décennies à venir, en ne négligeant pas la continuité du programme actuel. Le souhait de l'UE est de recourir au secteur privé pour une production principalement basée sur des traitements automatisés de données satellitaires de masse, tout en s'appuyant sur l'expertise et les données des États membres.

Dès mi-2017, l'AEE a lancé une démarche collaborative pour construire les spécifications des produits CLC 2<sup>de</sup> génération (désignés par l'acronyme CLC+). La rédaction des spécifications a été confiée au groupe Eagle (Action Group on Land monitoring in Europe), groupe d'experts du réseau de partenariat Eionet (European Environment Information and Observation Network) de l'AEE. Les spécifications reprennent le modèle de données d'occupation du sol, développé par ce groupe : neutralité du format ou de l'échelle et séparation d'informations de couverture et d'usage des sols. Pour consolider les spécifications, des consultations d'experts et d'utilisateurs ont été organisées, avec notamment une enquête au niveau national réalisée par le réseau Eionet. La principale attente exprimée est la nécessité de réaliser et diffuser ces produits conformément à la Directive Inspire, en assurant ainsi une cohérence avec les travaux nationaux et locaux.

Cette 2<sup>de</sup> génération CLC+ s'appuie sur deux produits socles d'une résolution d'1 ha (résolution à confirmer) :

- CLC-backbone, « squelette » qui décrit la couverture du sol en une dizaine de catégories, découpée suivant les éléments persistants du paysage (réseaux de transports...). Il sera produit tous les 3 ans, par analyse automatique d'images satellite.
- CLC-Core, conteneur de données de couverture et d'usage du sol, alimenté en continu à partir de bases existantes du service Copernicus et de données des États membres.

Deux produits finaux seront dérivés de ces données socles : CLC-legacy qui assurera la continuité de l'actuel CLC, et CLC+ qui sera une version affinée de CLC (meilleure résolution et mise à jour plus régulière).

La mise en place de la production doit débuter à l'été, avec le lancement d'un appel d'offres pour la réalisation de CLC-backbone 2018.

Frédérique Janvier (MTES/CGDD/SDES)

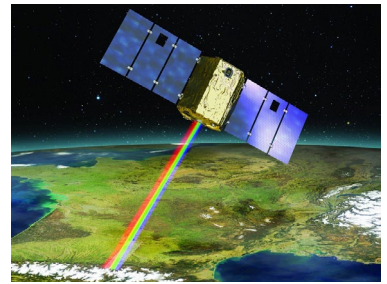
## Venüs: prolongation de la phase de recette en vol

Comme indiqué dans les actualités, la phase de recette en vol de la mission Venüs n'est pas encore terminée pour ce qui concerne la qualité des images (radiométrie et géométrie).

Ce retard est dû à plusieurs difficultés dont les plus importantes concernent :

1. Les étalonnages absolus des bandes spectrales B1 (415 nm) et B2 (440 nm), toutes deux situées dans le bleu, sont moins précis que l'étalonnage des autres bandes spectrales. Ce problème empêche l'utilisation de B1 et B2 pour l'inversion de l'épaisseur optique des aérosols (AOD) ou pour les applications de couleur de l'eau.
2. L'exactitude de la restitution d'attitude du satellite est pour l'instant moins bonne que prévu. Du fait que les différentes bandes ne sont pas acquises simultanément, cela a principalement un impact sur la précision de superposition inter-bandes. Pour certains sites avec une couverture nuageuse importante ou pour des paysages uniformes, ce problème affecte également la superposition multi-temporelle.

La caractérisation des performances radiométriques et géométriques est toujours en cours. Des efforts sont également consacrés à l'amélioration des algorithmes de prétraitement.



Satellite Venüs en orbite ©Cnes

Dès que des progrès significatifs auront été réalisés, l'ensemble des données acquises depuis janvier 2018 sera retraité avec les nouveaux paramètres et algorithmes.

La page Venüs sur le [site web de Theia](#) vous tiendra informé des progrès réalisés.

Gérard Dedieu (Cesbio / Cnes)

## Ouverture des images Cbers 4 disponibles en téléchargement libre par Amazon (AWS)

Les satellites Cbers (China-Brazil Earth Resources Satellite) sont le résultat d'un accord de coopération entre les agences spatiales brésilienne et chinoise (respectivement Inpe et Cast) lancé en 1988. Depuis, cinq satellites ont été lancés : Cbers 1/2 / 2A / 3/4.

La mission génère des images de la Terre avec des caractéristiques similaires aux missions Landsat de l'USGS et Sentinelle 2 de l'ESA. En 2004, l'Inpe a annoncé que toutes les images de Cbers 2 seraient disponibles gratuitement pour le public. C'était la première fois que ce modèle de distribution était utilisé pour l'imagerie satellitaire à résolution moyenne. Maintenant, ce modèle est utilisé pour tous les satellites Cbers.

Depuis janvier 2018, Amazon a participé au développement du système utilisé pour enregistrer, traiter et distribuer les données d'image du Cbers 4 grâce à une bourse Earth AWS Cloud Credits for Research.

Pour le moment seules les données d'archives de Cbers 4 MUX sont disponibles pour le grand public. A terme des images d'archives Cbers 1/2/3 ainsi que les futurs satellites Cbers 4A et Amazonia 1 seront disponibles au téléchargement sur le cloud d'Amazon en 2019.

Voici les caractéristiques techniques de Cbers-4 MUX :

Caméra*	Donnée
Bandes spectrales	B05 (Bleu): 0,45 - 0,52 µm B06 (Vert): 0,52 - 0,59 µm B07 (Rouge): 0,63 - 0,69 µm B08 (Infrarouge): 0,77 - 0,89 µm
Fauchée	120 km
Résolution	20 m
Taux brut de données	68 Mbit / s

\* Caméra Multispectrale Panchromatique Régulière (MUX)

Jérôme Levé (Irstea)

## Téléchargement des images Cbers 4

Le site canadien [Remote Pixel](#) propose sans connexion d'accéder à ces images directement sans compte Amazon (figure 1).

Vous serez redirigé vers une page avec plusieurs dates. Identifiez la scène par la date la plus proche et téléchargez l'image avec les meilleures conditions de visibilité (figure 2).

Les images Cbers 4 hébergées dans le cloud seront traitées en ligne et livrées dans la composition couleur indiquée par l'internaute. Vous pouvez choisir la composition True Color 7-6-5 et False Color 8-7-6 (figure 3).

Ensuite appuyez sur le bouton Télécharger et attendez le traitement de l'image. Il faut environ trente secondes pour générer un fichier de 60 Mo.



Figure 1

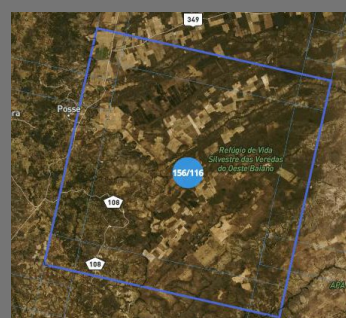


Figure 2

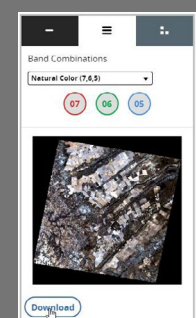


Figure 3

## Le portail commun de données in situ Theia-Ozcar

L'objectif de l'intégration des données in situ au pôle de données 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 déjà archivées par ailleurs mais qui fait le lien sur les bases de données des fournisseurs de données et les met en visibilité de façon normalisée et suivant les critères internationaux d'interopérabilité.

L'Observatoire des Sciences de l'Univers de Grenoble (Osug), a été mandaté par les partenaires du pôle Theia pour construire le volet in situ, en coordination avec le portail existant pour les données de télédétection. Une équipe projet a été mise en place en juillet 2017. Elle est formée de 4 permanents et un CDD recruté en octobre 2018 pour 2 ans.

### Les observatoires labellisés de l'IR Ozcar offrent un panorama étendu de types de mesures

La mise en place du Système d'Information (SI) Theia in situ a démarré en commun avec l'Infrastructure de Recherche (IR) Ozcar (Observatoires de la Zone Critique Applications et Recherches). Cette IR regroupe des observatoires labellisés qui documentent la zone critique sur le long terme. En 2017, l'équipe projet a visité l'ensemble de ces observatoires et des centres de données qui les hébergent pour recueillir leurs besoins/attentes par rapport au SI Theia-Ozcar. Le niveau de développement des SI des 22 observatoires est très divers, allant du SGBDR<sup>1</sup> à des listes de fichiers déposés sur un ftp.

Il a été mis en avant que l'élément d'intérêt est la variable. L'ensemble des variables mesurées par les 22 observatoires labellisés d'Ozcar a été recensé et mis en correspondance avec le

vocabulaire hiérarchisé des sciences de la terre GCMD<sup>2</sup>. Le recensement a identifié près de 300 variables in situ mesurées par les observatoires d'Ozcar, dont la moitié sont des mesures chimiques. Un observatoire peut mesurer entre 3 et 150 variables, avec une médiane de 36. Chaque variable a été documentée par des liens vers des thésaurus publiés (Agrovoc, EARTH Thesaurus, GACS Core Beta 3.1, NAL Thesaurus, Unesco Thesaurus, LC Subject Headings, ANAEE).

### Architecture du SI OZCAR/Theia

Afin de rester toujours à jour, on organise un flux d'information continu (figure 1). Les données restent chez les fournisseurs qui les poussent vers le SI Theia - Ozcar à l'aide d'un script d'extraction. Ce script répond aux spécifications du format pivot Theia - Ozcar. Le format pivot spécifie l'ensemble des métadonnées nécessaires à plusieurs fonctionnalités : répondre aux requêtes formulées par les utilisateurs, respecter les standards d'interopérabilité (Inspire, ISO 19115, etc.), déclarer des DOI (Figure 1).

Prochaines actions à réaliser :

- Le format pivot (métadonnées obligatoires, recommandées et facultatives) est en cours de définition en collaboration avec les centres de données in situ, Geosud et Dinamis
- Les fournisseurs de données devront écrire le script d'extraction de leurs métadonnées. Un appui pourra être apporté par l'équipe Theia-Ozcar.

L'objectif est d'avoir un prototype de portail Theia-Ozcar in situ à la fin de l'année 2018.

1. SGBDR : Système de Gestion de Bases de Données Relationnelles

2. GCMD : Global Change Master Directory. Ce vocabulaire hiérarchisé est régulièrement mis à jour par sa communauté (cf <https://earthdata.nasa.gov>)

Sylvie Galle (Insu / IRD), I. Braud (Irstea), P. Juen (CNRS), V. Chaffard (IRD), C. Coussot (CNRS-INSU).

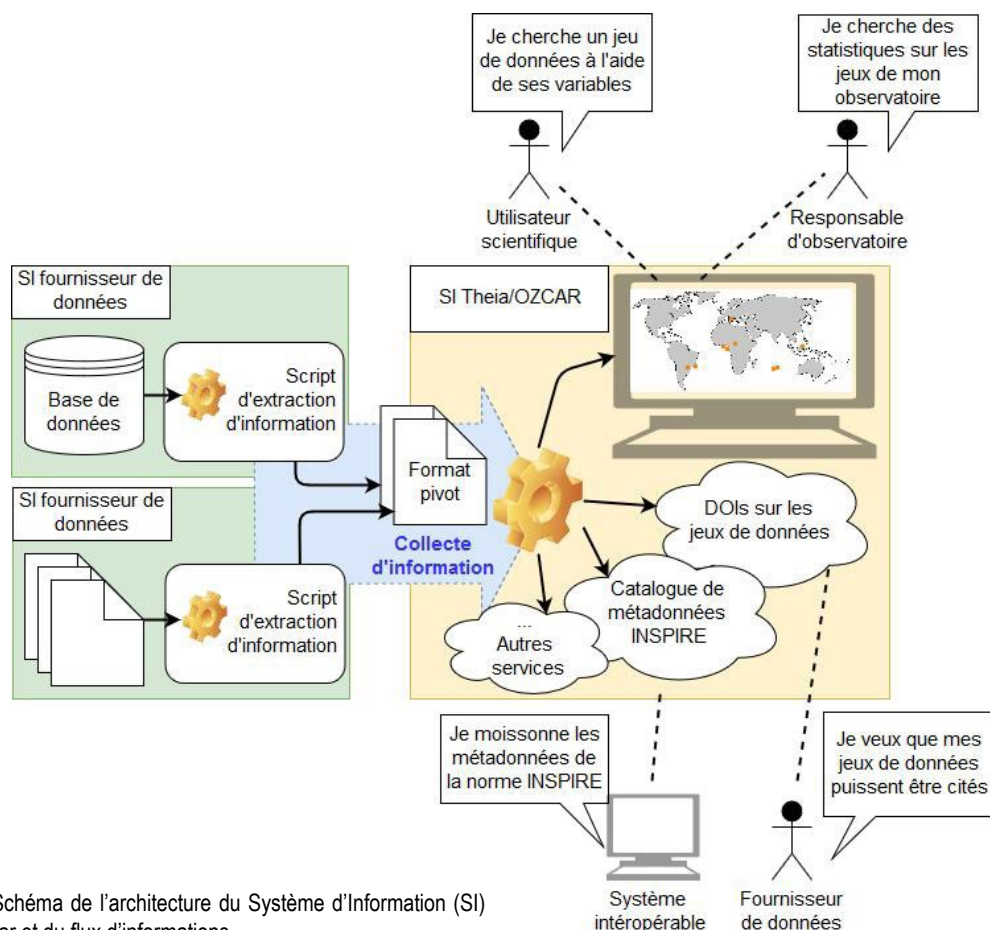


Figure 1 : Schéma de l'architecture du Système d'Information (SI) Theia - Ozcar et du flux d'informations

### Le nouveau produit Smos-IC: humidité du sol et indice de végétation L-VOD

Smos-IC est un nouveau produit Smos développé principalement dans le cadre du programme TEC (Terre Environnement et Climat) du Cnes. Il comprend un produit humidité de surface du sol (SM) et un produit indice de végétation (L-VOD, L-band Vegetation Optical Depth). Smos-IC vient en complément des produits officiels Smos de niveau 2 (L2) de l'ESA et de niveau 3 (L3) du Catds.

Pour tous les algorithmes, sur chaque pixel, l'inversion 2-paramètres (SM & L-VOD) du modèle direct (L-MEB) s'appuie une série d'observations Smos faite sur une gamme angulaire qui varie en fonction de la position du pixel dans le champ de vue et pour les polarisations horizontale et verticale. Les produits L2 et L3 sont basés sur une approche relativement complexe prenant en compte une description détaillée de l'empreinte au sol de Smos à une résolution de 4 km x 4 km qui varie en fonction de l'angle d'observation. Sur les pixels hétérogènes, l'inversion est faite sur la fraction dominante: soit la végétation basse & le sol nu ou la forêt et les surfaces en eau. Sur la fraction non-dominante, des informations auxiliaires sont utilisées pour simuler la température de brillance; en particulier l'humidité du sol (SM) et l'indice foliaire pour estimer l'effet de la végétation (VOD) sur les forêts. L'utilisation de nombreuses données auxiliaires est utile pour mieux contraindre l'inversion. Cependant, ces données auxiliaires contiennent des erreurs qui peuvent se propager dans l'algorithme d'inversion et conduire à du bruit et des biais dans les produits.

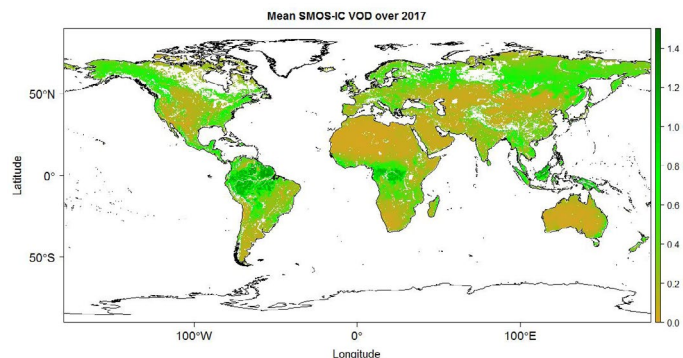
L'algorithme d'inversion de Smos-IC, correspondant à l'approche originale d'inversion proposée pour la mission Smos, vise à une utilisation minimale de données auxiliaires grâce à l'utilisation (i) de la signature multi-angulaire et bipolarisation des observations Smos et (ii) de la variation saisonnière relativement lente du L-VOD. Ainsi, Smos-IC est beaucoup plus simple et ne prend pas en compte les corrections associées avec la caractérisation du lobe d'antenne et de l'hétérogénéité du pixel qui varie avec l'angle d'observation. Smos-IC considère le pixel comme homogène pour éviter des possibles incertitudes et erreurs associées

### De la stéréo Pléiades aux indicateurs territoriaux, apports des MNS

Dans l'objectif de répondre aux enjeux de suivi des territoires urbains et d'évaluation des politiques publiques d'aménagements, le Cerema a développé un outil proposant des indicateurs de suivis thématiques. Cet outil est basé sur de l'analyse d'images satellites Pléiades, des MNS (Modèles Numériques de Surface), combinés à des BD exogènes d'apprentissage (BD Topo, RPG,...).

La classification de l'image est bâtie suivant sur une nomenclature simple correspondant aux enjeux urbains tels que la consommation de l'espace, la densité urbaine, les problématiques inondations, la préservation de la biodiversité ou la climatologie urbaine. Les produits finaux sont des indicateurs métiers, au format vectoriel, faciles à intégrer dans un SIG. L'enjeu in fine est de proposer des produits sur étagère, pour la définition et le suivi des politiques publiques d'aménagement des territoires, à l'attention des bureaux d'étude et des élus.

La démarche s'inscrit dans une logique d'industrialisation. A ce titre, les questions, de reproductibilité et de qualification des données sont particulièrement importantes. La méthode, fortement automatisée, minimise la part de subjectivité liée à l'opérateur.



Carte globale de l'indice de végétation L-VOD corrélé à la biomasse de la végétation (A. Al-Yaari, 2018)

aux jeux de données utilisés pour caractériser l'hétérogénéité du pixel. Comme le produit L3, Smos-IC fournit des données globales de SM et de L-VOD dans la grille EASE grid 2 et dans le format NetCDF avec une projection cylindrique de ~25 km. Smos-IC SM (2010-2017) est distribué en tant que produit scientifique par le Catds.

Malgré sa simplicité, Smos-IC s'est révélé être très performant dans les inter-comparaisons en cours de produits SM basés sur Smos (IC, L2, L3), Smap, CCI, Ascat. Du fait de ses performances et de son indépendance vis à vis des données auxiliaires, le produit Smos-IC est de plus en plus utilisé dans des applications. Les principales en cours sont basées sur l'indice L-VOD et concernent le suivi de la biomasse de la végétation et le bilan de carbone aux échelles continentales et globales en lien avec l'impact des épisodes de sécheresses ou les programmes à grande échelle de reforestation, le cycle du contenu en eau de la végétation, les épisodes de mortalité forestière à grande échelle.

Lien vers le produit Smos-IC SM : [ftp://ext-catds-cecsm-catds2010@ftp.ifremer.fr/Land\\_products/L3\\_SMOS\\_IC\\_Soil\\_Moisture](ftp://ext-catds-cecsm-catds2010@ftp.ifremer.fr/Land_products/L3_SMOS_IC_Soil_Moisture)

J-P Wigneron, A. Mialon, A. Al-Yaari, Y. Kerr (ISPA, INRA Bordeaux et CESBIO Toulouse)

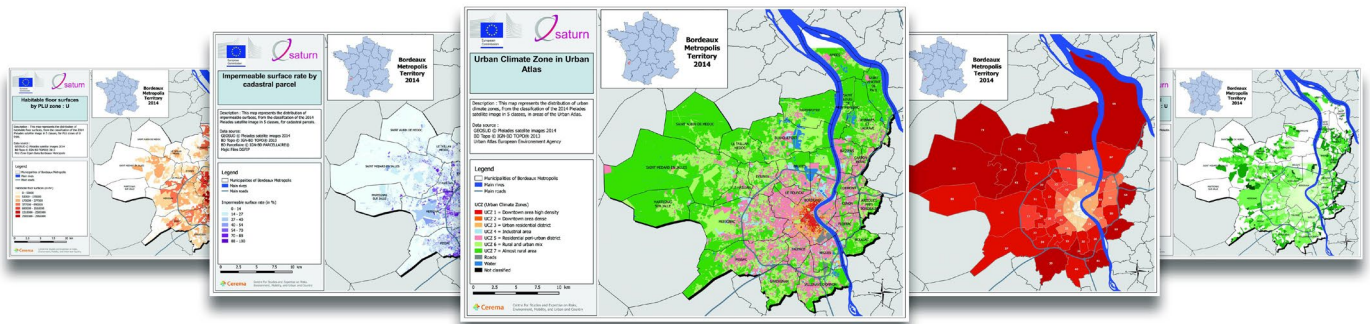
La rédaction de procédures et de documents de suivi de la qualité permettent d'obtenir un bon niveau de reproductibilité.

Or, nous avons constaté que l'apport du MNS était important dans la qualité du résultat final du processus de classification (gain jusqu'à 10%), et aussi que la configuration du couple d'images stéréo utilisée pour produire ce MNS avait un impact sur la qualité du MNS obtenu en sortie.

Une étude a donc été lancée fin 2017 (fin prévue en 2019) en collaboration entre le Cerema (en charge de l'élaboration du processus de classification) et IGN Espace (chargé de la mise en géométrie des images pour les institutionnels, et producteur de MNS), avec l'appui du Cnes pour la fourniture des images.

Les précédentes collaborations entre IGN Espace et le Cerema ont déjà permis de définir un compromis entre des angles d'acquisition acceptables, une période d'acquisition à respecter et une probabilité acceptable d'obtention de l'image.

Les caractéristiques des couples d'images stéréos étudiées sont la date et les angles d'acquisition (incidence des images et B/H du couple) et la hauteur du soleil dans le ciel (taille des ombres portées).>>



Jeu d'indicateurs territoriaux : production Cerema. MNS : production IGN Espace

>> En effet, on note souvent des difficultés de corrélation des images dans les ombres, entraînant des défauts sur le MNS. Ces défauts du MNS, traduits par du bruit autour de certains bâtiments, vont nuire à la mesure des dynamiques faibles d'évolution du bâti. Par ailleurs, on sait également que la tri-stéréo présente une plus-value certaine. Enfin, on peut affirmer intuitivement que la saisonnalité aura un effet sur les résultats mais cela n'a pas encore été quantifié.

Sur une zone d'une centaine de kilomètres carrés située dans la métropole Bordelaise, l'acquisition d'une dizaine de couples stéréo, régulièrement répartis sur une année, a été programmée.

Un couple sera complété par un troisième cliché pour évaluer l'apport de la tri-stéréo. Les données récoltées feront l'objet d'une analyse co-réalisée par IGN Espace et le Cerema.

Les conclusions de cette étude contribueront à affiner les spécifications de programmation des couples d'images stéréo en vue de la production de MNS. Elle permettra également d'évaluer l'impact de la saison d'acquisition sur la qualité des MNS, des classifications et des indicateurs finaux.

Dominique Hébrard (Cerema)  
Isabelle Léonardi (IGN Espace)

## Intégration d'observations satellitaires dans les modèles de surfaces continentales pour le suivi des variables de la zone critique

La modélisation des surfaces continentales peut être améliorée par l'intégration dynamique d'observations. Les observations issues de la télédétection spatiale ont l'avantage d'être disponibles à l'échelle mondiale (à des échelles spatiales de plus en plus fines) et de manière répétée dans le temps. De nombreuses observations issues de la télédétection spatiale, en lien avec le cycle hydrologique et la végétation sont déjà disponibles. Combiner la modélisation des surfaces continentales à ces observations satellitaires permet d'accéder à des paramètres qui ne sont pas observés directement. L'assimilation de données est la méthode numérique qui permet d'intégrer ces importants volumes de données dans les modèles représentant les surfaces continentales de manière cohérente avec leur représentation des processus.

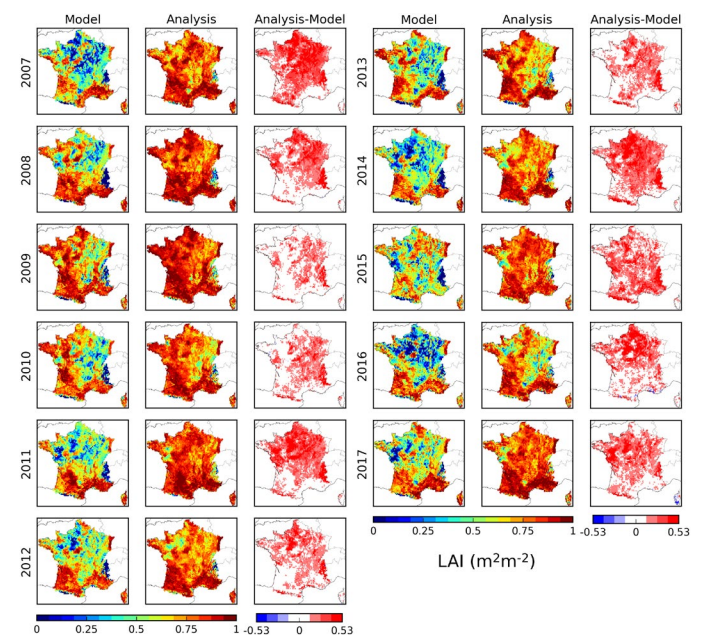
Le CNRM (Centre National de Recherches Météorologiques) a développé des systèmes d'assimilation de données adaptés aux surfaces continentales dans la plateforme de modélisation SURFEX (SURface Externalisée). Le but est de contraindre le modèle de surface ISBA (Interaction-Sol-Biosphère-Atmosphère) à partir d'observations satellitaires telles que l'humidité superficielle du sol et l'indice de surface foliaire (LAI pour 'Leaf Area Index'). Ces systèmes d'assimilation séquentiels de données ont été mis en œuvre avec succès dans une chaîne de suivi des flux d'eau et de carbone à l'échelle mondiale. La réanalyse issue du LDAS tire partie des synergies entre les différents produits satellitaires et permet d'améliorer la représentation des variables de surface par ISBA. Une version LDAS-France existe, elle assimile les produits LAI et humidité superficielle du sol du service européen Copernicus Global Land avec une résolution spatiale de 8km x 8km. L'illustration ci-contre représente des cartes de corrélations pour le LAI entre (i) le modèle et les observations, (ii) l'analyse et les observations, (iii) la différence de corrélation entre l'analyse et le modèle (de gauche à droite, respectivement) pour chaque année entre 2007 et 2017.

Les cartes de différences (analyse-modèle) sont dominées par des valeurs positives (couleurs chaudes), le LAI étant assimilé, il est normal de retrouver de meilleurs scores dans l'analyse. Les

corrélations moyennes évoluent entre 0.46 (en 2016) et 0.67 (en 2009) pour le modèle et entre 0.71 (en 2016) et 0.83 (en 2009) pour l'analyse.

Les systèmes LDAS ont été évalués et validés à partir d'observations satellitaires (évapotranspiration, production primaire brute,...) et de mesures in situ indépendantes (humidité du sol, débit des rivières, flux d'eau et d'énergie, rendement agricole,...). Ils sont désormais assez matures pour servir d'outils d'aide à la décision dans des applications telles que le suivi des sécheresses édaphiques et agricoles. Ils représentent de manière plus précise les conditions de surface et peuvent également servir à initialiser des systèmes de prévision.

Clément Albergel, Jean-Christophe Calvet  
(CNRM / Météo France)



Cartes de corrélations pour la variable LAI entre (i) le modèle et les observations, (ii) l'analyse et les observations, (iii) la différence de corrélation entre l'analyse et le modèle (de gauche à droite, respectivement) pour chaque année entre 2007 et 2017.

### Création de l'ART Kalideos-Alpes

L'Animation Régionale Theia (ART) et Kalideos créée pour les Alpes officiellement en janvier 2018 est co-portée par le groupement Kalideos-Alpes et par la plateforme Ouranos Aura du GIS Envirhônalp. La collaboration entre Kalideos-Alpes et Ouranos Aura a en fait débuté en 2017.

Les thématiques prioritaires de l'ART Kalideos Alpes englobent :

- le climat régional montagnard et l'adaptation au changement climatique (politiques publiques, tourisme, aménagement du territoire, agriculture, sylviculture)
- l'étude de la neige, son étendue et les propriétés du couvert neigeux saisonnier
- l'étude des glaciers, le suivi des bilans de masse de certains glaciers ainsi que la quantification des vitesses d'écoulement de surface
- le suivi de la végétation alpine via entre autres des cartes d'indices de végétation
- le suivi des instabilités connues, détection de nouvelles instabilités et le suivi des dépôts d'avalanches.
- l'hydrologie nivale

Les observations satellites d'intérêt sont les observations haute et très haute résolution optiques (Pléiades, Spot 6-7, Sentinelle 2) et radars (Sentinelle 1, Alos 2, TerraSAR-X).

L'objectif de l'ART Kalideos-Alpes est de promouvoir l'usage des données de la recherche, et de les diffuser au sein de la communauté académique et auprès des acteurs des territoires. Il s'agit de constituer des réseaux pluridisciplinaires permettant de faire émerger des collaborations (réponses à appels d'offre, groupes de travail, partage d'outils, ...). Des événements tels que des ateliers science – société seront organisés régulièrement. Ils rassembleront des chercheurs d'horizons variés et des acteurs opérationnels pour faire connaître les résultats et les données de la recherche associés aux thématiques du territoire. Ces échanges auront vocation à favoriser l'émergence de sujets de recherche nés du partenariat entre acteurs opérationnels et chercheurs ou en inter-disciplinarité. Un premier atelier de ce



Participants de la journée science / société sur les données satellites et leurs usages en montagne © Dominique Lecorps(CNRM)

type a eu lieu le 19 octobre 2017 sur le campus de Saint Martin d'Hères, autour du thème : « les données satellites et leurs usages en montagnes ». Près de 70 participants s'y sont rencontrés. La journée a permis d'ouvrir un espace de discussion entre chercheurs (environ 2/3 des participants) et acteurs des territoires de montagne, publics et privés (environ 1/3 des participants), autour de plusieurs questions-clé :

- (a) faire l'état des lieux des développements scientifiques, les limites et freins aux nouvelles applications ou à leur portage opérationnel,
- (b) identifier les axes de recherche à développer de façon partenariale associant chercheurs et acteurs des territoires,
- (c) favoriser l'expression des besoins des acteurs en terme de données satellitaires et découvrir leurs usages potentiels.

L'ensemble des présentations de cette journée sont accessibles depuis la [plateforme Ouranos](#).

L'ART Kalideos-Alpes vient renforcer les efforts de mutualisation de moyens et d'échanges pluridisciplinaires sur le territoire, déjà engagés avec la mise à disposition des données académiques sur la [plateforme Ouranos AuRA](#) et de données satellites d'intérêt pour les thématiques prioritaires (haute et très haute résolution optiques et radars : Pléiades, Spot 6-7, Alos 2, TerraSAR-X sur la [plateforme Dotcloud du dispositif Kalideos](#), Sentinelle 2 et Sentinelle1 sur les plateformes de distribution dédiées).

F. Karbou (CNRM), C. Lutoff (Laboratoire PACTE),  
M. De Gouville (GIS Envirhônalp)

### Animation Régionale de Theia au Sud

En 2017, l'ART GeoDEV a engagé des actions d'accompagnement qui se poursuivent aujourd'hui dans la zone Caraïbes (Haïti), en Amazonie (Guyane, Brésil), dans la région Océan Indien (Madagascar), en Afrique Centrale (Gabon), en Afrique du Nord (Maroc, Tunisie). Les chantiers ouverts ont consisté en des actions de formation à des outils Theia, la proposition et la soumission de projets applicatifs, l'animation de communautés du domaine autour d'applications prioritaires, et l'accompagnement du dimensionnement de projets de centre de compétences portés par des autorités nationales.

En ce début d'année, un nouveau chantier a été ouvert en Afrique de l'Ouest dans le domaine des applications agricoles assistées par satellite : GeoForAgri – Etude de faisabilité, sous financement AFD, porté par le Cirad avec l'IRD et le Cnes. Les activités actuelles consistent à mener des enquêtes sur les besoins et les pratiques en matière d'informations spatiales pour le secteur agricole auprès d'un nombre élargi d'acteurs du domaine (secteurs publics et privés) au Sénégal et en Côte d'Ivoire, afin de dimensionner avec les partenaires les contours opérationnels du

futur Projet. Dans ce cas comme dans celui de la plupart des projets placés sous la bannière GeoDEV, les équipes impliquées de l'IRD, du Cirad ou du Cnes ont travaillé de concert à la formulation et la proposition de plans d'action communs ou partagés, exploitant et valorisant les savoir faire du Pôle à l'international.

En 2018 depuis la signature en mars de la Convention GeoDEV, l'IRD, le Cnes et le Cirad membres fondateurs de l'ART ont résolu d'ouvrir plus largement les échanges au sein du Pôle entre équipes intervenant au Sud et souhaitent inscrire dans l'ART des actions de valorisation, de communication, d'animation ou de transfert. Le projet de site web GeoDEV, qui a souffert d'un retard de mise en place en 2017, est l'instrument de fédération identifié pour faciliter et concrétiser ces rapprochements. Les contenus génériques du site, en préparation, seront communiqués aux responsables des Laboratoires du Pôle intéressés, afin qu'ils puissent proposer et insérer des contenus propres à leurs activités au Sud. Ne pas hésiter à se manifester auprès des WebContact dédié : veronique.rousseau@ird.fr, sophie.ayoubi@teledetection.fr et jean-francois.faure@ird.fr

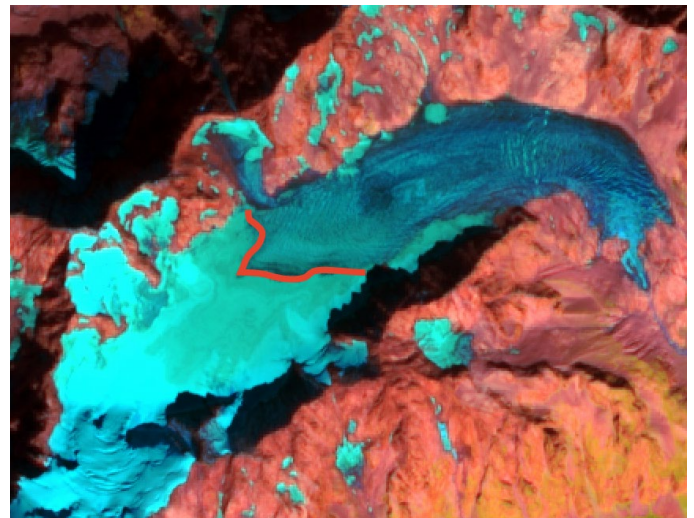
Jean-François Faure (IRD)

## CES Altitude de ligne d'équilibre glaciaire

Les glaciers constituent un enjeu économique et sociétal majeur (ressource en eau, aléas, évolution du niveau marin) dont l'importance est renforcée dans le contexte actuel de changement rapide des forçages climatiques, des états de surface et de la pression anthropique.

En raison des difficultés d'accès et de la complexité topographique des milieux glaciaires, les mesures glaciologiques de terrain sont réalisées sur un nombre de glaciers très limité. Par exemple, seule une quarantaine de glaciers au monde disposent de mesures continues de leur bilan de masse de surface annuel sur plus que 40 ans, soit 0,016% du nombre total de glaciers sur Terre.

Dans ce contexte, la télédétection offre un potentiel formidable pour le suivi de l'évolution des glaciers à l'échelle globale. L'objectif du nouveau CES « Altitude de ligne d'équilibre glaciaire » mis en place par l'Institut de Géosciences de l'Environnement (Univ. Grenoble Alpes, CNRS, IRD, Grenoble INP) est de mesurer, à partir d'images satellites optiques, l'altitude de la ligne de neige sur glacier en fin de période d'ablation quand elle peut être considérée comme représentative de l'altitude de la ligne d'équilibre. Cette dernière délimite la zone d'accumulation (où le bilan de masse est positif) et la zone d'ablation (où le bilan de masse est négatif). En fonction des conditions climatiques de l'année, l'altitude de la ligne d'équilibre varie. Connaître son altitude chaque année et documenter sa variabilité temporelle nous renseigne donc directement sur le bilan de masse glaciaire.



Ligne d'équilibre de l'année 2015 sur le Glacier Blanc, massif des Ecrins, France. Image Sentinel 2 du 29 août 2015 (©ESA).

La chaîne de traitement (récupération des données, filtrage des images nuageuses, corrections topographiques, ratio de bandes, calcul de gradients pour extraction de la valeur d'altitude de la ligne d'équilibre, traitement statistique sur les séries temporelles) des images optiques à haute résolution spatiale (type Sentinel 2, Landsat 8, Aster) et des images d'archives (Landsat, World Heritage) est en phase de validation. Les données obtenues sur les glaciers des Alpes françaises pour la période 1985-2018 devraient être mises à disposition courant 2019.

Antoine Rabatel (Université Grenoble Alpes)

## CES Volumes d'eau de surface

Les eaux de surface jouent un rôle majeur dans les cycles hydrologique et biogéochimique globaux, exercent de fortes rétroactions sur le climat de la Terre, et ont une importance capitale pour les activités humaines en termes de ressources en eau, d'irrigation, ou pour la gestion des bassins versants. En dépit de leur importance, leur extension, mais surtout les volumes qu'elles représentent, et leurs variations temporelles restent mal connus.

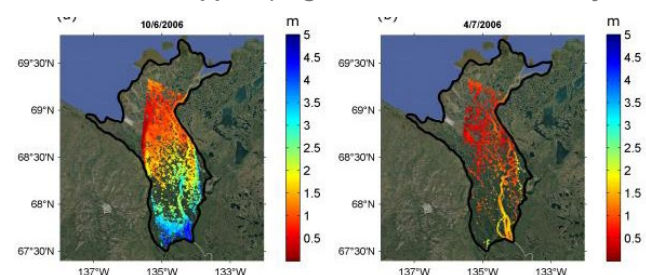
Le CES « Volumes d'eau de surface » (VES) regroupe des chercheurs et ingénieurs de six laboratoires (Cesbio, Epc, ESA Purpan, Espace-DEV, Legos, Lerma) autour de la caractérisation des quantités d'eau de surface dans les grands bassins fluviaux et leur évolution temporelle. Il a pour objectif la définition de méthodologies de fusion des extensions d'inondation, fournies par l'imagerie satellitaire, avec les niveaux d'eau issus de l'altimétrie radar, qui permettront de cartographier l'extension des zones inondées.

Le CES vise à produire des cartes de hauteur d'eau à partir des synthèses, sur une durée de 8 jours, des meilleures réflectances du capteur Modis. Afin d'améliorer la probabilité d'absence de nuages sur les zones d'étude, les synthèses issues de Terra, depuis 2000, et Aqua, depuis 2002, sont utilisées. Trois méthodes différentes de détection des inondations, basées sur le seuillage de différents indices spectraux ont été implémentées. Pour réduire le nombre de pixels mixtes, contenant à la fois de l'eau libre et un type d'occupation des sols différent, les bandes spectrales à 500 m de résolution spatiale ont été ré-échantillonnées à 250 m. Des comparaisons vont être effectuées avec des produits d'extension d'inondation basés sur l'utilisation des micro-ondes passives à 100 m de résolution de spatiale comme Giems-D3 ou Smos Water Fraction (SWAF) dans sa version à haute résolution spatiale. Elles permettront d'évaluer les surfaces inondées sous forêt, non détectées par les produits issus des mesures de réflectances. Les cartes de hauteur sont obtenues par

interpolation de séries temporelles de hauteur d'eau calculées aux intersections des traces altimétriques et des cours d'eau ou stations virtuelles altimétriques sur les surfaces inondées déterminées précédemment. La technique d'interpolation jusqu'ici utilisée était une pondération inversement proportionnelle à la distance aux stations virtuelles les plus proches. De nouvelles techniques, prenant en compte la direction privilégiée d'écoulement, obtenue à partir d'un modèle numérique de terrain (MNT), est actuellement testée. Ces méthodes seront appliquées dans différents grands bassins fluviaux et de grandes zones de drainage comme l'Amazonie, le Mékong, le delta intérieur du Niger, le delta du McKenzie et bassin de la mer d'Aral. Les produits résultants seront distribués par le projet [Hydroweb](#).

En parallèle, une réflexion sera menée sur les verrous à lever pour généraliser l'utilisation de l'altimétrie à l'étude des zones inondées. La principale limitation actuelle réside dans la définition des réseaux de stations virtuelles. Plusieurs milliers d'entre elles, pour chaque mission altimétrique, doivent être définies pour couvrir densément un grand bassin fluvial comme l'Amazonie. Des études sont en cours dans le cadre du CES VES pour essayer de détecter automatiquement, à partir des paramètres de l'écho radar altimétrique, les zones en eau sous la trace des altimètres.

Frédéric Frappart (Legos / Observatoire Midi-Pyrénées)



Evolution temporelle des hauteurs d'eau de surface dans le delta du McKenzie au cours de l'été 2006 (Normandin et al., 2018).

## Téledétection et sécurité alimentaire dans les pays du Sud

Suite à la crise mondiale de 2008 et aux émeutes de la faim qui ont suivi, la question agricole est revenue en force sur le devant de la scène internationale. Le projet FP7 Sigma (Stimulating Innovation for Global Monitoring of Agriculture and its Impact on the Environment ; 2013-17) en soutien à Geoglam (GEO-Global Agriculture Monitoring), et les nombreux projets Tosca financés par le Cnes sont autant d'exemples de soutien de la communauté internationale pour la recherche appliquée dans ce domaine.

Dans ce cadre, le Cirad a pu développer des méthodes et produits autour de la caractérisation des systèmes agricoles des pays du Sud et de leur dynamique :

- La stratification des territoires en agro-paysages ; cette stratification est faite uniquement à partir d'attributs temporels, spectraux et texturaux de séries temporelles d'images Modis, et prend en compte de façon implicite des facteurs environnementaux et l'usage des sols (exemple en Figure 1).
- La détection du démarrage de la végétation ; on a montré que le début de la saison estimé par analyse de séries temporelles Modis était un bon indicateur de la date de semis des céréales au Burkina Faso, et améliorerait les simulations de rendement effectuées par un modèle de culture (Figure 2).
- L'analyse des tendances de végétation (NDVI) ; une approche originale a été proposée pour identifier et réaliser une carte des principaux déterminants des tendances de production végétale au Sahel, climatiques /ou anthropiques, mettant en exergue les zones vulnérables en termes de dégradation des capacités de production.
- La cartographie des surfaces cultivées : à l'échelle locale, le Cirad a mené des activités dans le cadre du réseau Jecam (Joint Experiment of Crop Assessment and Monitoring) sur 6 sites : 4 sites de petite agriculture en Afrique (Burkina Faso, Madagascar, Sénégal, Kenya) et 2 sites d'agricul-

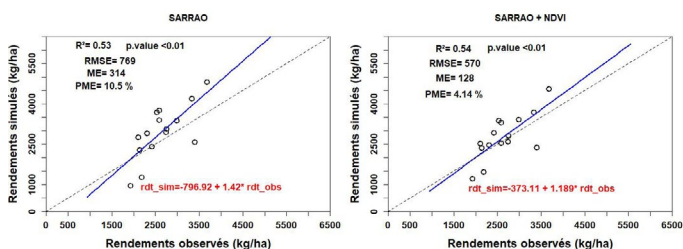


Figure 2. Comparaison entre rendements du sorgho observés en milieu paysan (5 villages au sud-ouest Burkina et 3 années 2014-2016) et rendements simulés avec Sarra-O, sans (à gauche) et avec (à droite) assimilation des dates de semis estimées par analyse phénoménologique de séries temporelles Modis

### Atelier participatif « Recherche environnementale : quelle valorisation des données par le secteur agricole ? »

Le consortium de valorisation thématique de l'Alliance nationale de recherche pour l'environnement (CVT AllEnvi) a organisé cet atelier le 8 février 2018 à Paris à l'Institut national de l'information géographique et forestière (IGN). Cet atelier a permis de restituer les résultats d'une étude exploratoire sur les besoins des acteurs socio-économiques du secteur agricole en données environnementales de recherche. Ce travail vise à apporter des

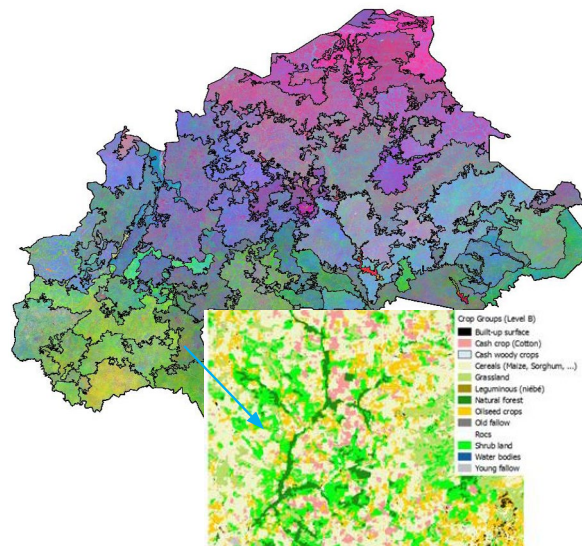


Figure 1. Agro-paysages du Burkina Faso obtenus par segmentation de série temporelle d'images Modis (sur fond de composition colorée de Composantes Principales), et zoom sur l'utilisation agricole des sols obtenue par classification orientée objet d'une série temporelle Sentinelle 2 et d'une image THRS Spot 6.

ture intensive au Brésil, avec des contraintes spécifiques liées aux paysages, aux calendriers culturaux, à la nébulosité, mais aussi à l'accès aux données d'apprentissage. Le Cirad a développé un savoir-faire pour cartographier les zones de petite agriculture familiale (selon 5 niveaux de nomenclature, du domaine cultivé aux pratiques culturales) basé sur une approche combinant analyse orientée objet et Random Forest, utilisant en synergie l'information spectrale issue de séries temporelles HR (Sentinelle 2, Landsat 8) et d'une image THRS (Spot 6/7 ou Pléiades). Cette chaîne est en cours d'intégration dans iota2 (Figure 1).

Il est prévu que les différents produits développés alimentent à terme le système d'alerte précoce du Centre Régional AG-Rhymet (Niamey, Niger) qui couvre les 17 pays CILSS/Cedeao. Chaque année, à partir du mois de mai, des bulletins mensuels sont publiés pour informer les décideurs sur l'évolution de la situation agro-pastorale et hydrologique de la région. Ce système a été amélioré à l'occasion du projet Sigma par l'inclusion du modèle de culture spatialisée Sarra-O qui utilise les estimations de pluviométrie faites à partir de données satellites et des données météorologiques pour simuler des prévisions de rendements sur des cultures céréalières de base, et est opérationnel depuis 2016. Les cartes du domaine cultivé et le zonage des systèmes agricoles (où faire tourner le modèle, pour quelle culture, avec quelle date de semis ?) sont des informations spatiales qui pourront alimenter le modèle de culture Sarra-O, et donc le système d'alerte pour la sécurité alimentaire des pays de l'Afrique de l'Ouest.

A. Bégué, L. Leroux, C. Baron, D. Lo Seen, B. Bellon, V. Lebourgeois, R. Gaetano, C. Midingoyi, S. Dupuy (Cirad) S. Traoré (AGRHYMET)

éléments utiles au positionnement des organismes publics de recherche dans le contexte actuel, impacté notamment par l'application de la directive européenne Inspire qui instaure la gratuité des données de la recherche environnementale publique. Ce travail repose sur 38 interviews de responsables de sociétés, startups, coopératives et organismes de conseil et développement agricoles, ainsi que de chercheurs d'AllEnvi : BRGM, Cnes, IGN, Inra, Irstea, Météo-France et MNHN. Les échanges de l'atelier, qui a réuni 16 participants de différents horizons, ont permis de compléter les résultats.



Tant du côté de la recherche que du secteur agricole, divers freins ont pu nuire à une valorisation efficace des données. S'il existe ainsi aujourd'hui peu d'application directes de données issues de la recherche environnementale dans le secteur agricole, le contexte paraît maintenant favorable. La transition numérique actuelle

du secteur agricole, associée aux politiques agricoles favorisant une meilleure prise en compte de l'environnement, semble en effet constituer un terreau favorable pour l'utilisation de données environnementales par le secteur. Compte tenu de la multitude des canaux de diffusion et des politiques de mise à disposition différentes d'un organisme à un autre, il apparaît maintenant nécessaire pour la recherche d'apporter une clarification de l'offre et d'adopter un modèle économique permettant de compenser le coût de la diffusion tout en étant compatible avec la réglementation actuelle imposant la gratuité des données et avec les attentes des acteurs socio-économiques sur les plans techniques, fonctionnels et thématiques.

En effet, les acteurs socio-économiques soulignent la nécessité d'acquérir des données qui répondent d'abord à des modalités techniques importantes en agriculture : fiabilité, continuité, lisibilité, résolution, interopérabilité, actualisation fréquente, faible coût et surtout liberté d'exploiter (commerciallement) les données. Les questions de coût et de liberté d'exploitation renvoient à la question majeure du modèle économique qui reste à définir, même s'il existe déjà du côté de la recherche une palette de propositions de services utilisant des données : unités intégrées aux instituts (p. ex. InfoSol, AgroClim à l'Inra), projets collaboratifs (p. ex. pôle Theia, IR AnaEE), partenariats avec des instituts techniques (p. ex. MétéoFrance et Arvalis) ou encore émergence de startups au sein de laboratoires de recherche (p. ex. startup ELL

au Cesbio). Sur le plan fonctionnel, les acteurs du secteur agricole ont des attentes en termes de visibilité des données produites, de formation et d'interactions directes avec la recherche par le développement de nœuds de contact, de rencontres spécifiques et de métiers d'interface.

Thématiquement, des besoins apparaissent majoritairement sur les sols (nature, microbiologie, capacité de stockage de C, de transfert d'eau) et la réduction des produits phytosanitaires (propagation des adventices, lessivage des produits phytosanitaires, amélioration des traitements). Des besoins sont également exprimés au sujet de l'eau (suivi des stocks en quantité et qualité, réserve utile, transfert des pesticides) et du climat (précisions sur le rayonnement et le vent, prévisions relatives au changement climatique). Les données de biodiversité ont été peu évoquées lors des interviews mais la biodiversité est présente intrinsèquement dans chaque item : le sol, l'eau, etc. Par ailleurs, ce type de données pourrait trouver un marché dans le cadre de la mise en œuvre de la PAC 2021 - 2027 où les États auront à mettre en place la monétisation des services environnementaux de l'agriculture, qui pourrait s'appuyer sur un outillage à base de données. Dans l'ensemble, on peut noter que les besoins thématiques en données environnementales convergent avec les politiques agricoles actuelles comme le plan national Ecophyto ou l'initiative internationale 4 pour 1000 lancée lors de la COP21.

Les acteurs socio-économiques et chercheurs impliqués dans la réflexion ont exprimé le souhait qu'AllEnvi s'implique pour développer les interactions entre recherche et secteur agricole, et favoriser la structuration des politiques de mises à disposition des données. Ce rôle resterait à définir en complémentarité de celui des infrastructures collaboratives.

Les supports de présentation de cet atelier et le rapport d'étude sont disponibles sur demande à [contact@cvt-allenvi.fr](mailto:contact@cvt-allenvi.fr)

Sabine Riou (CVT AllEnvi) – Yves Brunet (INRA)

## Apport des observations spatiales pour l'agriculture

Le 7 février 2018 était organisée une séance à l'Académie d'agriculture de France, portant sur « L'Apport des observations spatiales pour l'agriculture ». Organisée par Agnès Ducharne (CNRS) et Yves Brunet (Inra), membres de l'Académie, cette séance était structurée autour de trois exposés centrés respectivement sur la cartographie et la caractérisation des systèmes agricoles (Agnès Bégué, Cirad), l'estimation des stocks de carbone dans la biosphère terrestre (Jérôme Chave, CNRS) et l'apport des données spatiales pour la gestion de l'eau en agriculture (Jean-Pierre Lagouarde, Inra). Durant la discussion avec la salle, à laquelle participaient Selma Cherchali (Cnes) et Nicolas Baghdadi (Irstea), a été abordée une grande variété de thèmes portant notamment sur le suivi des maladies des plantes, la surveillance de l'occupation du sol, la coopération internationale, les conditions d'accès aux données de télédétection. Ce dernier point a été l'occasion de sensibiliser l'auditoire à l'existence et au rôle du pôle Theia dans l'utilisation de la télédétection, tant par la recherche que par les acteurs agricoles et les pouvoirs publics. Cette manifestation fut très appréciée par l'auditoire, venu nombreux malgré les chutes de neige ayant ralenti l'Île-de-France ce jour-là.

Plus d'informations avec vidéo complète de la séance sur [academie-agriculture.fr](http://academie-agriculture.fr)

Agnès Ducharne (CNRS) - Yves Brunet (INRA)



Carte des cultures d'été irriguées (bleu) et non irriguées (vert), de mars à octobre 2015, à partir d'images Landsat 8 - Theia. Réalisation : Florian Helen (Cesbio). Présenté par Agnès Bégué (Cirad).

### Bulletin Theia

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

Conception - réalisation : S. Ayoubi (Theia)

Ont contribué à ce numéro : C. Albergel (Météo France), Y. Brunet (Inra), A. Bégué (Cirad), C. Calvet (Météo France), S. Cherchali (Cnes), G. Dedieu (Cnes), A. Ducharne (CNRS), J.F. Faure (IRD), F. Frappart (OMP), S. Galle (IRD), P. Gançarski (Unistra), D. Hébrard (Cerema), D. Ienco (Irstea), J. Inglada (Cnes), F. Janvier (MTES), F. Karbou (Météo France), I. Liorandi (ING), J. Levé (Irstea), A. Minghelli (U. Toulon), A. Puissant (Unistra), A. Rabatel (UGA), S. Riou (CVT Allenvi), P. Rossello (GeographR), L. Roupiz (Onera), J.P. Wigneron (Inra)

