



## Le mot du directeur scientifique :

Avec la création du Pôle Thématique Surfaces Continentales THEIA, les organismes partenaires aspirent à promouvoir les données satellitaires et à répondre aux besoins de la communauté scientifique nationale en matière de données, de produits, de méthodes et de formation liés à l'observation de la Terre depuis l'espace. L'ambition de THEIA est de fédérer la communauté nationale autour des enjeux scientifiques et sociétaux majeurs : environnement, agriculture, changements globaux, biodiversité, risques... La réussite de ce challenge dépend fortement de la contribution de l'ensemble des acteurs scientifiques et publics. De nombreux projets contribuent déjà à THEIA tels Kalideos, Spot World Heritage, GEOSUD... Dans ce premier numéro, un espace privilégié est dédié à GEOSUD.

Bonne chance à THEIA !

Nicolas Baghdadi, Irstea

## Le mot du directeur technique :

Le Centre de Gestion et de Traitements de Données (CGTD) du Pôle THEIA a été conçu dès le départ comme une fédération de centres de données répartis géographiquement (Montpellier, Toulouse, Paris, ...). Le chantier de montage du CGTD a consisté pour partie à établir des liens entre les parties prenantes de ces différents centres de données, pour les fédérer et mutualiser les services rendus aux utilisateurs. Avec ce montage, le CGTD pourra bénéficier d'autres contributions nationales que celles identifiées aujourd'hui. Le modèle proposé ouvre la voie pour que le CGTD THEIA puisse appartenir à un réseau plus vaste, européen celui-là.

Marc Leroy, CNES

## News / A la Une

Un séminaire Télédétection (INRA Bordeaux, Juin 2013) a été organisé dans le cadre de la prospective demandée par le Directeur Scientifique Environnement (INRA) concernant le développement de services opérationnels sur l'agriculture et les forêts (~80 participants).

## Des nouvelles de Pléiades

Les deux satellites Pléiades 1a et 1b à vocation cartographique ont été lancés en décembre 2011 et décembre 2012. Spot Image en assure l'exploitation, le CNES et l'IGN organisent le relais avec les scientifiques et les institutionnels français, et l'interface avec l'opérateur. Les images Pléiades, d'une résolution de 70 cm, offrent une solution complémentaire aux prises de vue aériennes plus résolues, grâce à l'agilité et la fréquence de passage des satellites. Les données de référence de l'IGN vont ainsi pouvoir être mises à jour plus rapidement, les agglomérations les plus évolutives être renseignées plus fréquemment et les zones à enjeu être photographiées à la demande. De nouvelles applications vont pouvoir ainsi être développées comme le suivi de la densité urbaine, du trait de côtes, des inondations. Pour en savoir plus, les Pléiades Days sont organisés à Toulouse les 1-3 avril 2014. Voir aussi le dispositif d'accès aux images Pléiades : (<http://professionnels.ign.fr/satellites-pleiades>).

Magali Stoll, IGN

## Plateforme réception GEOSUD

L'EQUIPEX GEOSUD, s'appuyant sur une composante du même nom du Contrat de Projets Etat-Région Languedoc-Roussillon, prévoit la mise en place une plateforme de réception satellitaire directe œuvrant au bénéfice des communautés institutionnelles françaises utilisatrices de l'imagerie spatiale. Dimensionnée pour produire des couvertures régulières du territoire métropolitain et pour offrir une capacité de réception agile activable à la demande, cette infrastructure publique au service des applications scientifiques et plus largement des acteurs de la gestion territoriale sera mise en place en 2014. Erigée à Montpellier à la Maison de la Télédétection, elle permettra également la réception de données acquises dans les territoires du Maghreb dans le cadre de coopérations scientifiques internationales. Elle alimentera les utilisateurs en produits image de haute à très haute résolution (SPOT 6-7 dans un premier temps) et sera accompagnée de chaînes de traitement fournissant des produits à valeur ajoutée et de services.

Jean-François Faure, IRD

## News / A la Une

Le comité scientifique et des utilisateurs du Pôle THEIA s'est réuni pour la première fois le 19 septembre 2013 à Montpellier. Les échanges ont porté en particulier sur les besoins de la communauté nationale scientifique et des acteurs publics en données des satellites Sentinelles 1-2-3 couvrant les surfaces continentales. Un atelier national Copernicus rassemblant les communautés de la géosphère, le 18 novembre dernier au CNES, a permis leur restitution.

## THEIA s'interface avec PEPS

PEPS (Plateforme d'Exploitation des Produits Sentinelles) est une plateforme basée sur du Cloud privé offrant des services innovants d'accès aux données des missions Sentinelles capables de répondre aux enjeux du *Big Data*. En assurant une rediffusion des données Sentinelles aux Pôles de données tels que THEIA et en offrant des capacités de stockage et de traitements à distance, PEPS est le chaînon manquant entre l'infrastructure européenne et les services à l'échelle régionale et locale.

Un accès privilégié aux données Sentinelles en France est primordial pour contribuer à la mise en place et au suivi des politiques environnementales et pour soutenir le développement industriel et la compétitivité des entreprises en créant de la croissance et de l'emploi.

Hervé Jeanjean, CNES

## Segments Sol de l'ESA

THEIA s'est inscrit dans la dynamique des Segments Sol Collaboratifs de l'Agence Spatiale Européenne, lesquels sont des initiatives de chacun des Etats Membres pour compléter le dispositif de services de base Copernicus offerts par l'Union Européenne. Le Segment Sol Collaboratif « Surfaces Continentales » de THEIA comprend :

- la fourniture de données Sentinelles journalières corrigées des effets d'atmosphère, et des moyennes mensuelles sans nuage, sur une surface équivalente à 10 fois la surface de la France ;
- des produits à valeur ajoutée, comme des cartes d'occupation des sols par exemple ;
- la mise en place d'un accompagnement des utilisateurs.

Selma Cherchali, CNES

## Présentation du Pôle THEIA

Le Pôle Thématique Surfaces Continentales THEIA est une structure nationale inter-organismes, scientifique et technique, ayant pour vocation de contribuer à répondre aux besoins de la communauté scientifique nationale en matière de données, de produits, de méthodes et de formation liés à l'observation des surfaces continentales en particulier depuis l'espace. THEIA a été créé fin 2012 par neuf institutions publiques françaises impliquées dans l'observation de la Terre et les sciences de l'Environnement : CEA, Cirad, CNES, IGN, INRA, CNRS, IRD, Irstea, Météo France.

### Objectifs du Pôle

- construire un dispositif commun capable de produire des données spatiales (échelles locale à globale) à valeur ajoutée pour la communauté « surfaces continentales » et de fournir des services en lien avec les besoins des utilisateurs,
- favoriser partage d'expérience et capitalisation de méthodes,
- mettre en lumière les réalisations nationales à l'échelle européenne et internationale.

### Organisation

L'organisation programmatique, scientifique et technique du pôle THEIA s'appuie sur :

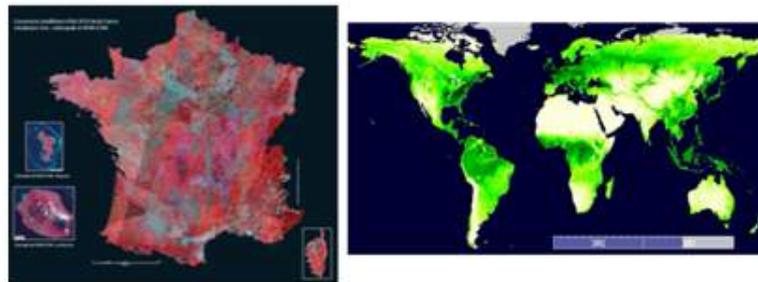
- un Comité Directeur : Bernard Dreyfus (Président, IRD), Pierrick Givone (Irstea), Jean-François Soussana (INRA), Richard Bonneville (CNES), Philippe Campagne (IGN), Pierre Fabre (Cirad), Nicolas Arnaud (CNRS), Valérie Moulin (CEA), Philippe Bougeault (Météo-France) ;
- un Centre de Gestion et de Traitement des Données (CGTD) distribué entre plusieurs acteurs ;
- un Bureau Exécutif composé de Nicolas Baghdadi (Directeur scientifique, Irstea), Marc Leroy (Directeur technique du CGTD, CNES), Selma Cherchali (CNES), Jean-François Faure (IRD), Pierre Maurel (Equipex GEOSUD, Irstea), Magali Stoll (IGN) ;
- un réseau de Centres d'Expertise Scientifique (CES) dans les différentes régions métropolitaines et les territoires français d'Outre-mer ;
- un Comité Scientifique et des Utilisateurs (CSU).

Les membres du CSU ont été choisis de manière à satisfaire à différents critères : répartition géographique, répartition thématique, répartition institutionnelle, répartition d'expertises sur différentes gammes de produits, et de participation à des programmes de recherche nationaux. Le CSU est composé de :

1. **Nicolas Baghdadi** (Montpellier) : Irstea, THEIA
2. **Marc Leroy** (Toulouse) : CNES, THEIA
3. **Agnès Bégué** (Montpellier) : Cirad, Agriculture
4. **Yves Brunet** (Bordeaux) : INRA, Agriculture
5. **Dominique Courault** (Avignon) : INRA, Agriculture
6. **Gérard Dedieu** (Toulouse) : CNES, Agriculture
7. **Agnès Ducharne** (Paris) : INSU, Hydrologie
8. **Laurent Durieux** (Montpellier) : IRD, besoins scientifiques Outremer
9. **Olivier Hagolle** (Toulouse) : CNES, responsable chaîne Muscate + PI Take5
10. **Laurence Hubert-Moy** (Rennes) : Université de Rennes, Biodiversité
11. **Clément Mallet** (Paris) : IGN, Forêt/Urbain
12. **Nadège Martiny** (Dijon) : Université de Bourgogne, Climatologie
13. **Anne Mayere** (Toulouse) : Université P. Sabatier, SHS
14. **Philippe Peylin** (Paris) : CEA, Climat
15. **Jean-Louis Roujean** (Toulouse) : Météo France, Climat
16. **Vincent Thierion** (Grenoble) : Irstea, Neige
17. **Jean-Pierre Wigneron** (Bordeaux) : INRA, Sol/Agriculture/Forêt
18. **Hervé Yesou** (Strasbourg) : ENSPS, Territoires/Risques/Hydrologie
19. **Vincent Thierion** (Grenoble) : Irstea, Biodiversité

### Moyens et Produits

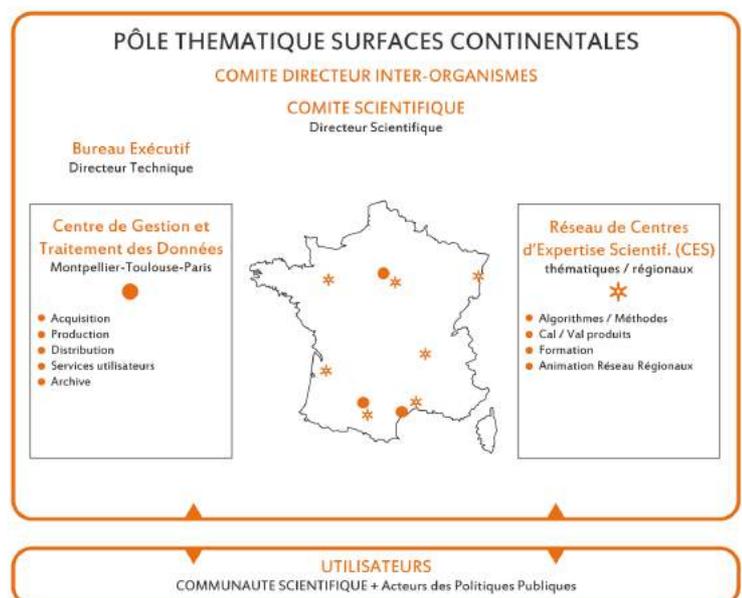
Les moyens du Pôle THEIA sont ceux des partenaires et des projets comme GEOSUD, Kalideos, POSTEL, SPOT World Heritage, Filière Pléiades Institutionnelle,... Les produits fournis par THEIA correspondent à des couvertures annuelles d'images satellitaires du territoire national, des séries temporelles de réflectance de surface, des variables bio-physiques (biomasse, niveaux d'eau, humidité de surface, ...), des outils de visualisation et de prétraitement des données, des méthodes et des algorithmes de traitement, des guides méthodologiques pour des applications thématiques.



### Enjeux et Perspectives

L'infrastructure THEIA contribuera à améliorer les connaissances par la communauté scientifique et à soutenir le développement d'applications issues de la recherche et utiles aux politiques publiques, pour une gestion durable des territoires, dans toutes ses dimensions, anthropique, écologique, agricole. Les enjeux sont nombreux :

- Se placer au cœur des grands enjeux scientifiques et sociétaux : environnement, agriculture, aléas climatiques/changements globaux, biodiversité, incendies, pollutions...
- Fournir des données spatiales multi-dates et multi-résolutions, de qualité contrôlée, couvrant de larges territoires et sur de longues périodes.
- Offrir une plate-forme de concertation pour élaborer en commun des stratégies nationales (Sentinelles, Pléiades, SPOT ...).
- S'impliquer dans des initiatives européennes et internationales : Copernicus, Horizon 2020, GEO-GLAM, JECAM ...



## Projet EQUIPEX GEOSUD

### Objectifs et organisation

Financé dans le cadre du Programme Investissement d'Avenir (dotation 11,5 M€ sur 2011-2019) et complémentaire du Contrat de Plan Etat-Région Languedoc-Roussillon (dotation 7,2 M€ sur 2007-2013), le projet EQUIPEX GEOSUD a pour objectif de développer une infrastructure de données satellitaires permettant aux acteurs publics français d'accéder gratuitement à de l'imagerie satellitaire du territoire national -métropole, régions et collectivités d'Outre-mer- actualisée annuellement, ainsi qu'à différents services tels que la mise à disposition de données et de logiciels, la recherche et visualisation d'images, les capacités de calcul, le développement et transfert de méthodes, la formation, la mise en réseau des utilisateurs...

EQUIPEX GEOSUD regroupe 14 partenaires institutionnels, représentant la recherche, l'enseignement supérieur, la gestion publique de l'environnement et des territoires, ainsi que des acteurs privés du domaine TIC et Environnement :

AgroParisTech, CETE Sud-Ouest, CINES, Cirad, CNRS, IGN, IRD, Irstea, les Universités de Montpellier, Antilles-Guyane et de la Réunion, ainsi que AFIGEO et Geomatys pour les acteurs privés et associatifs. De grands acteurs du domaine : CNES, ministère de l'Agriculture, ministère de l'Ecologie et du Développement Durable,... sont également associés au projet. L'EQUIPEX GEOSUD constitue l'une des composantes majeures du Pôle Thématique THEIA : contribution au Centre de Gestion et de Traitement des Données (CGTD), participation au bureau exécutif, centre d'expertise scientifique (CES) constitué par les partenaires du pôle montpellierain.

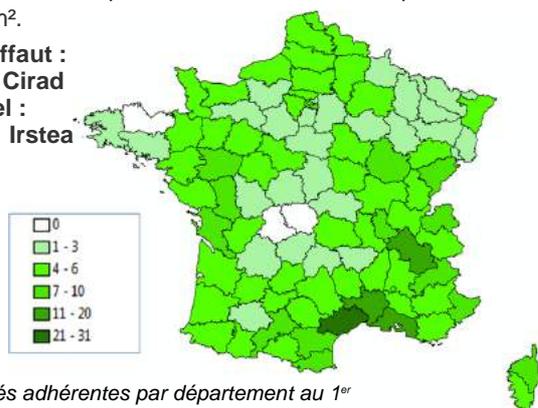
### Produits et utilisateurs

Au 1<sup>er</sup> octobre 2013, 255 entités avaient adhéré au dispositif GEOSUD parmi lesquelles 65 structures de recherche et enseignement supérieur, une centaine de services de l'Etat DDT(M), DRAAF, DREAL, autres établissements publics...), une soixantaine de collectivités territoriales -conseils généraux ou régionaux, syndicats mixtes, établissements publics, etc.- ainsi qu'une trentaine d'associations reconnues d'utilité publique ou conventionnées, ou encore d'agences d'urbanismes. Parmi ces 255 entités adhérentes on dénombre 12 acteurs publics des ROM-COM.

La répartition géographique des entités publiques adhérentes à GEOSUD montre une bonne couverture du territoire national. Le projet GEOSUD vise également la mise en réseau de la communauté scientifique et de la communauté des acteurs de la gestion autour de la valorisation de l'imagerie.

Au 31 octobre 2013, le dispositif a reçu plus de 440 demandes d'images, pour une superficie totale couverte dépassant 11,3 millions de km<sup>2</sup>.

**Isabelle Chaffaut :**  
UMR TETIS, Cirad  
**Pierre Maurel :**  
UMR TETIS, Irstea



Nombre d'entités adhérentes par département au 1<sup>er</sup> septembre 2013

### GEOSUD : un dispositif opérationnel depuis 2011

La procédure d'accès au dispositif est simple et structurée en deux étapes principales :

- **l'ouverture d'un compte GEOSUD (étape 1)** consiste en la signature par l'entité «acteur public» d'une charte d'adhésion et d'un acte d'engagement au respect des licences, ainsi que la désignation d'un correspondant au sein de la structure.

Des acteurs privés, prestataires ou partenaires de recherche, peuvent avoir accès aux images dans le cadre de projets menés en collaboration avec des acteurs publics : un acte d'engagement de prestataire de service ou de partenaire de recherche doit alors être signé entre ces deux acteurs.

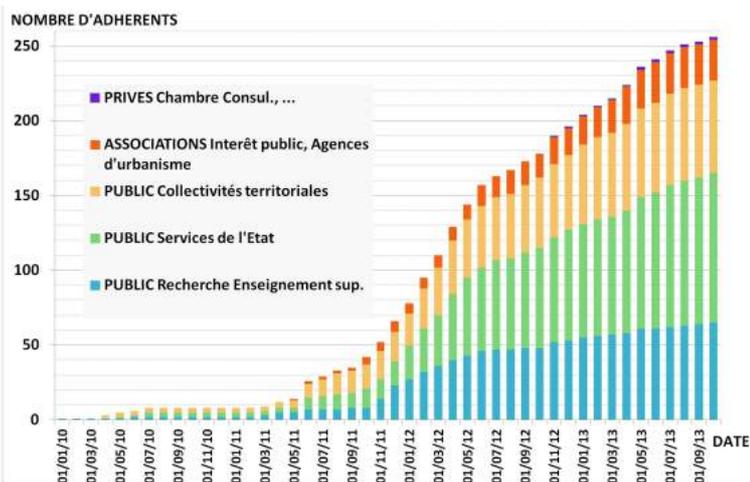
- **Les demandes « classiques » d'images satellitaires (étape 2)** sont réalisées sur l'interface web : l'utilisateur-adhérent sélectionne la zone géographique et les produits d'intérêt ; à réception de sa demande signée scannée par email, les images sont mises à sa disposition via un site ftp.

Des services complémentaires sont proposés aux adhérents :

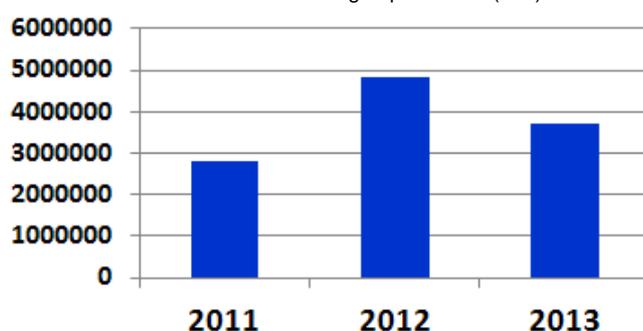
- **Des demandes d'acquisition «d'images particulières»** peuvent être déposées auprès du dispositif GEOSUD : acquisitions «à la demande» (images Pléiades à THRS, imagerie Radar, Imagerie Pays du Sud, ...) ; acquisition en achat partagé, etc. Un formulaire est disponible sur le site web GEOSUD.

- **La mise à disposition de logiciels propriétaires** peut être sollicitée via l'envoi d'un formulaire proposé sur le site web. Actuellement des licences ENVI sont disponibles (2 ENVI, 2 ENVI+IDL, 2 module «Feature Extraction») et mises gratuitement à la disposition des adhérents, pour des périodes de 1 à 4 semaines. La mise à disposition de licences e-cognition est à l'étude. (<http://www.geosud.teledection.fr>)

Evolution du nombre d'adhérents GEOSUD par type d'entité -octobre 2013-



Surface totale téléchargée par année (km<sup>2</sup>)



### Retour d'expérience de la DDT Deux-Sèvres

En application de la « Directive Nitrates » (1991), le Programme National d'Actions en Zones Vulnérables (actualisé en 2013) impose des mesures de lutte contre la pollution par les nitrates sur les territoires vulnérables. La Direction Départementale des Territoires des Deux-Sèvres (DDT 79) veut ainsi s'assurer de la mise en place effective de « Cultures Intermédiaires Pièges à Nitrates » (CIPAN) pendant la période automnale, destinées à fixer une partie des reliquats d'azote présents dans le sol et éviter leur transfert vers les rivières et les eaux souterraines.

La DDT 79 doit ainsi réglementairement contrôler 450 000 ha cultivés sur les 6 000 km<sup>2</sup> du département. Afin d'optimiser les contrôles de terrain en les orientant vers les îlots présentant des anomalies de couvert végétal, elle s'est associée à l'UMR TETIS, dans le cadre de GEOSUD, pour développer une méthode d'évaluation par imagerie satellitaire de la densité de végétation sur les îlots agricoles et du risque de lessivage de nitrates associé.

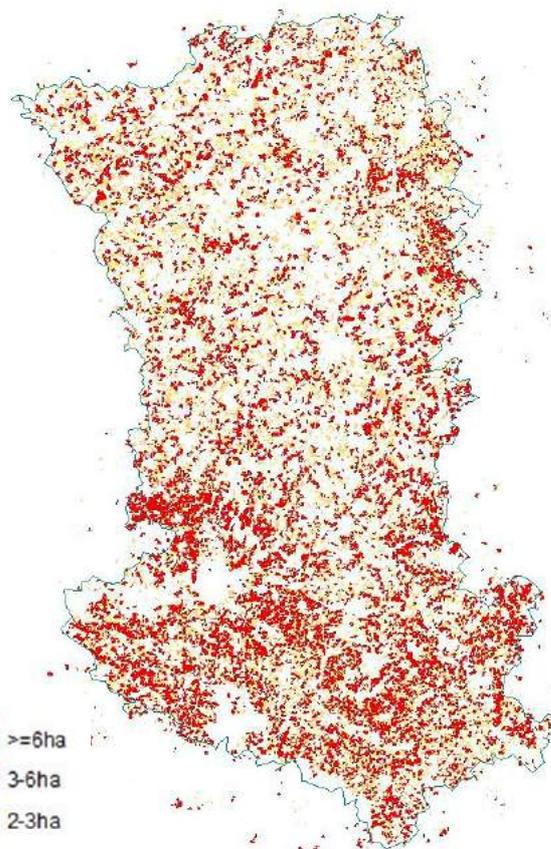
La méthode retenue comme la plus précise et opérationnelle associe la cartographie des états de surface et la quantification sur chaque îlot agricole d'un indicateur de risque de lessivage. Le formalisme « risque » consiste à croiser aléa et vulnérabilité : l'aléa représente la pression potentielle de lessivage, la vulnérabilité traduit l'ampleur de l'impact si l'aléa advient. L'étude repose ainsi sur deux types de données : des images satellitaires de qualité (multispectrales à 20 m, de nébulosité inférieure à 10%) acquises entre mi-octobre et mi-novembre, et le registre parcellaire graphique (RPG) avec les contours des îlots agricoles et l'information sur les cultures de l'année écoulée.

La cartographie des états de surface est réalisée par classification supervisée de l'image, sur la base d'un échantillon « vérité-image » généré par photo-interprétation par les services de la DDT, mobilisant l'expertise des acteurs de terrain sur les pratiques culturales. En superposant à l'image la couche vecteur du RPG, l'expert identifie à l'écran un échantillon d'îlots homogènes représentatifs des quatre classes d'état de surface (sols nus ; végétation sèche ; végétation active non couvrante ; végétation active couvrante). Une moitié de la vérité-image sert d'échantillon d'apprentissage pour la classification supervisée ; l'autre moitié tient lieu d'échantillon-test afin d'évaluer la qualité du résultat. Après classification, on calcule pour chaque îlot agricole la superficie de chacune des classes d'état de surface, en déterminant leur répartition et la classe dominante.

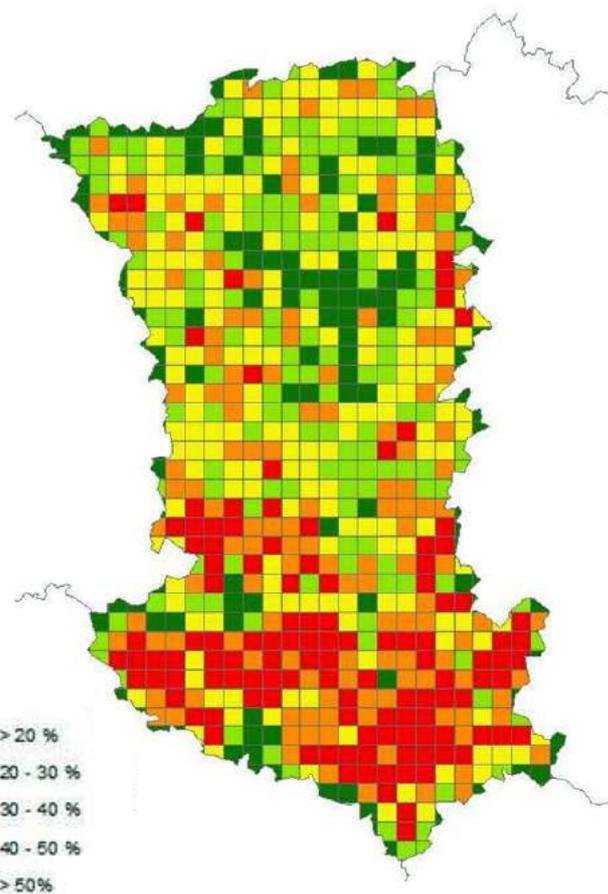
Pour la région considérée, un tableau de probabilité d'anomalie CIPAN est établi sur la base de l'expertise et des contrôles-terrain des années antérieures : il indique la probabilité d'anomalie d'un îlot agricole en fonction de son état de surface et de sa culture dominante. On détermine ainsi pour chaque îlot sa probabilité d'anomalie qui, croisée avec l'intensité (superficie à risque) et la vulnérabilité (proximité aux masses d'eau vulnérables), fournit un indicateur de risque. L'intensité du risque pour chaque îlot est alors cartographiée (échelle de couleurs graduée) et un seuil d'indicateur est appliqué pour identifier les îlots à risque élevé devant faire l'objet d'un contrôle de terrain prioritaire. Cette cartographie peut être régionalisée pour identifier les territoires les plus exposés au risque de lessivage de nitrates d'automne.

La méthode a été développée et appliquée de façon satisfaisante au cours de l'automne 2012 et a été reproduite et validée en 2013 sur les Deux-Sèvres et la Charente.

**Nicolas Cornuault et Franck Groneau,**  
Direction Départementale des Territoires (DDT79)



Indicateur de risque par îlot PAC



Régionalisation de l'indicateur de risque

## Projet EQUIPEX GEOSUD suite

### Retour d'expérience du MAAF

La Sous-Direction de la Forêt et du Bois (SDFB) est en charge, en lien avec les services déconcentrés du ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt (MAAF), de garantir la gestion durable des forêts au travers de la mise en œuvre d'un certain nombre de missions régaliennes. En particulier, pour certains types de coupes ayant lieu dans les forêts dépourvues de document de gestion, une autorisation de l'administration est nécessaire. De plus pour les coupes rases dépassant un certain seuil (fixé au niveau départemental), les propriétaires sont tenus d'assurer le renouvellement des peuplements forestiers.

Du fait des nouvelles possibilités offertes par la mise à disposition gratuite d'une couverture annuelle dans le cadre de GEOSUD, la SDFB et les DRAAF Rhône-Alpes et Bourgogne ont sollicité l'UMR TETIS, pour les aider à développer et mettre en œuvre une méthode basée sur la détection de changements à partir d'images satellitaires acquises en été afin d'aider au suivi et au contrôle des coupes rases. Les besoins exprimés par les services du MAAF étaient de détecter les coupes rases entre deux années successives, sur une surface minimale de 1 ha avec une précision planimétrique de 5 à 10 m et des taux d'omission (coupes non détectées) et de commission (détectations erronées) inférieurs à 10% de la surface.

Des tests ont ainsi été réalisés sur deux sylvo-écorégions (dans le Morvan-Autunois et le Massif Central-Beaujolais) avec de l'imagerie satellitaire optique haute résolution acquise entre 2005 et 2012. Des mosaïques annuelles normalisées du point de vue radiométrique ont été réalisées après une correction géométrique des images permettant leur restitution dans un référentiel connu, puis une transformation des données en réflectance TOA (*Top of Atmosphere*) pour corriger les effets de date et d'angle de visée. Un calcul d'indice de végétation NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) a été réalisé sur ces mosaïques. En mettant en avant la signature spectrale caractéristique de la végétation active, l'indice de végétation permet de caractériser la densité de la couverture végétale. Les différences de NDVI enregistrées entre les années traitées permettent de détecter des changements significatifs, correspondant par exemple au passage d'une parcelle d'un sol boisé une année donnée, à un sol nu ou peu végétalisé l'année suivante. Un second traitement consistant en un seuillage de l'écart de NDVI a permis de ne conserver que les coupes «récentes». Enfin, un post-traitement a permis de lisser les surfaces détectées afin de mettre en avant les seules surfaces supérieures à 1ha. Au final, la qualité d'extraction des coupes rases a pu être évaluée à l'aide d'une matrice de confusion générée au cours de la classification.

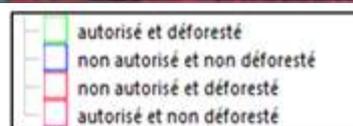
La méthode de détection des coupes rases par différence des NDVI entre deux images diachroniques s'avère opérationnelle et généralisable sur des jeux de données satellitaires variés, pour un rythme de localisation des coupes «annuel» (pour des coupes récentes). Elle présente toutefois des limites liées d'une part aux contraintes d'acquisition des images (dates non forcément homogènes) et d'autre part à la durée relativement courte de l'état de «sol nu», la régénération forestière opérant rapidement après une coupe et rendant plus difficile la détection de coupes anciennes.

**Laetitia Poffet, Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt (MAAF), DGPAAT- SDFB, Bureau des investissements forestiers**

Image 2005  
Autorisations acceptées ou non



Image 2007  
Bilan des coupes rases



### L'infrastructure de Données Spatiales THEIA

Reposant sur la notion de fédération de système de bases de données, l'infrastructure de données THEIA est construite sur une architecture offrant l'accès aux images détenues par des centres de données répartis géographiquement. Chaque centre de données est autonome et responsable des opérations de pré-traitements, stockage, archivage et diffusion de ses propres données. Les images diffusées peuvent être des produits bruts jusqu'à des images orthorectifiées.

Après leur pré-traitements, les données sont archivées et préparées pour être diffusées. Cette dernière étape comporte des opérations d'annotations pour associer chaque image à une localisation géographique, à son contenu thématique. Elle offre ainsi la possibilité de rechercher les données au travers d'une approche orientée utilisateur. Cette annotation est possible grâce la définition d'un vocabulaire commun formalisé et stocké dans un thésaurus.

Au niveau de la fédération THEIA, l'interopérabilité entre les partenaires est assurée grâce à la définition et à l'utilisation d'un modèle de métadonnées et du vocabulaire commun.

Ces composants, appelés services mutualisés sont : le portail web de communication, le serveur d'identification des utilisateurs, le métacatalogue ou catalogue fédéré et l'outil de recherche. Le schéma montre les liens et les interactions entre ces différents composants et les centres de données.

Le portail web est le point d'accès privilégié pour les utilisateurs cibles. Le serveur d'identification (IDP) est le composant clé du système d'authentification de l'infrastructure THEIA. Il stocke les identifiants de tous les utilisateurs de THEIA, assurant un service d'authentification unique de type «Single Sign On». Une fois identifié, l'utilisateur peut accéder de manière transparente à n'importe quelle source de données si il dispose de l'autorisation. Les permissions d'accès, quant à elles, sont gérées et stockées par chaque centre de données. La gouvernance des données est ainsi préservée.

Le métacatalogue (ou catalogue fédéré) assure le service de recherche sur tous les produits délivrés par l'infrastructure. Ce service est conforme à la spécification «OpenSearch» pour l'observation de la Terre, utilisée par les principales infrastructures du domaine. Pour assurer l'interopérabilité, les métadonnées peuvent également être diffusées au format ISO 19115, conforme aux exigences de la Directive Européenne INSPIRE. Le métacatalogue moissonne les catalogues de chaque centre de données et propose ainsi un index agrégé de toutes les données. L'harmonisation des métadonnées est assurée par des opérations de transformations s'appuyant sur le modèle de métadonnées et le vocabulaire commun au sein du thésaurus THEIA.

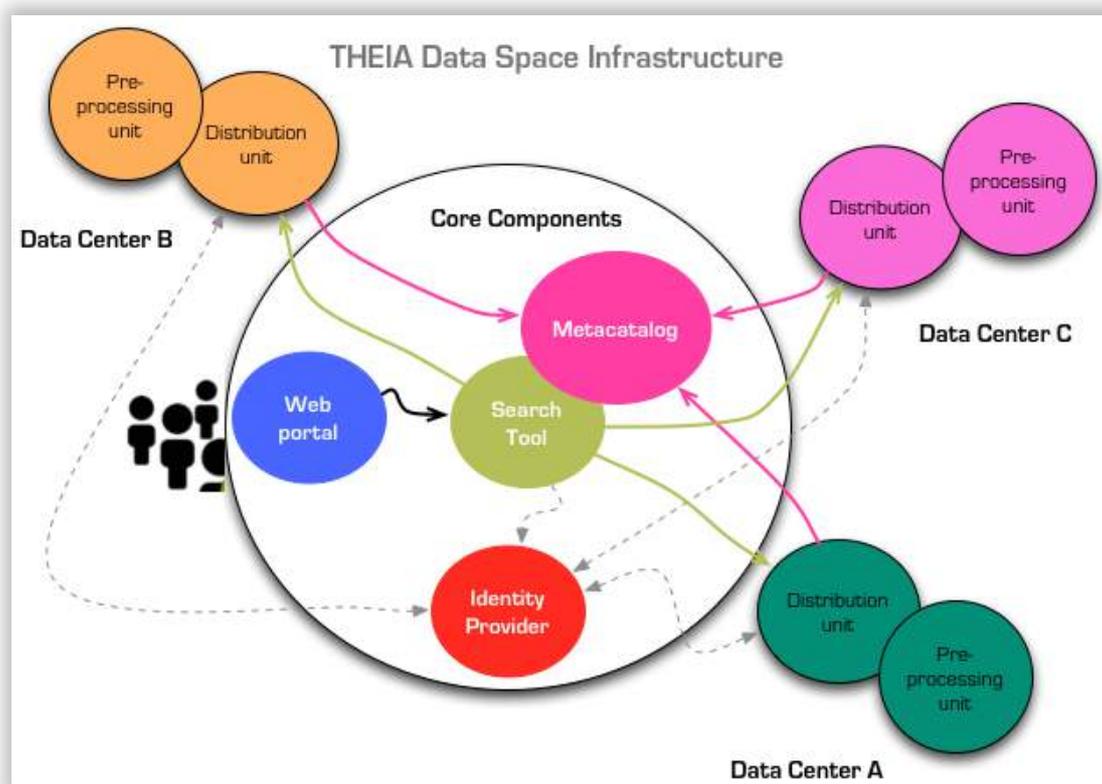
L'outil de recherche est une application cartographique qui fournit les fonctionnalités de recherche, de visualisation et de téléchargement des données. L'interface utilisateur est 100% web. La recherche est assurée soit par interrogation cartographique soit par une recherche sémantique à facettes.

Actuellement, l'infrastructure THEIA regroupe deux centres de données, celui du CNES localisé à Toulouse et celui de GEOSUD situé à Montpellier, lui-même connecté au centre de données Geoportail à Paris. Ces deux centres de données sont reliés grâce au réseau à très haut débit RENATER.

La création d'un nouveau centre de données est possible. Elle est soumise à la publication de ses données et métadonnées en utilisant des services web standardisés. Pour rejoindre les services mutualisés de l'infrastructure THEIA, le nouveau membre s'appuiera sur les spécifications techniques THEIA qui fournissent le cadre d'interopérabilité en matière d'authentification, de publication des métadonnées et des données.

**Jean-Christophe Desconnets, IRD**

**Jérôme Gasperi, CNES**



## Le Centre de Gestion et de Traitement des Données, suite

### Geoportail

Le **Géoportail**® héberge les données de référence de l'IGN ainsi que des données de partenaires. Cette infrastructure associe aux données des services respectant des standards ouverts. Les principaux services sont le téléchargement, la diffusion de flux d'images et le géocodage. Une attention particulière a été portée à la mise en place des services attendus par la directive INSPIRE. Les sites web associés au Géoportail® permettent de découvrir et visualiser l'essentiel des flux de données disponibles.

L'IGN offre un accès gratuit à ces services et référentiels, pour les activités de recherche et d'enseignement ainsi que pour l'exercice de missions de service public ; une condition est que les activités menées ne revêtent pas un caractère industriel ou

commercial. Les données éligibles ainsi que les modalités pratiques pour accéder à ces données sont détaillées sur le site dédié aux interlocuteurs professionnels de l'IGN :

<http://professionnels.ign.fr>.

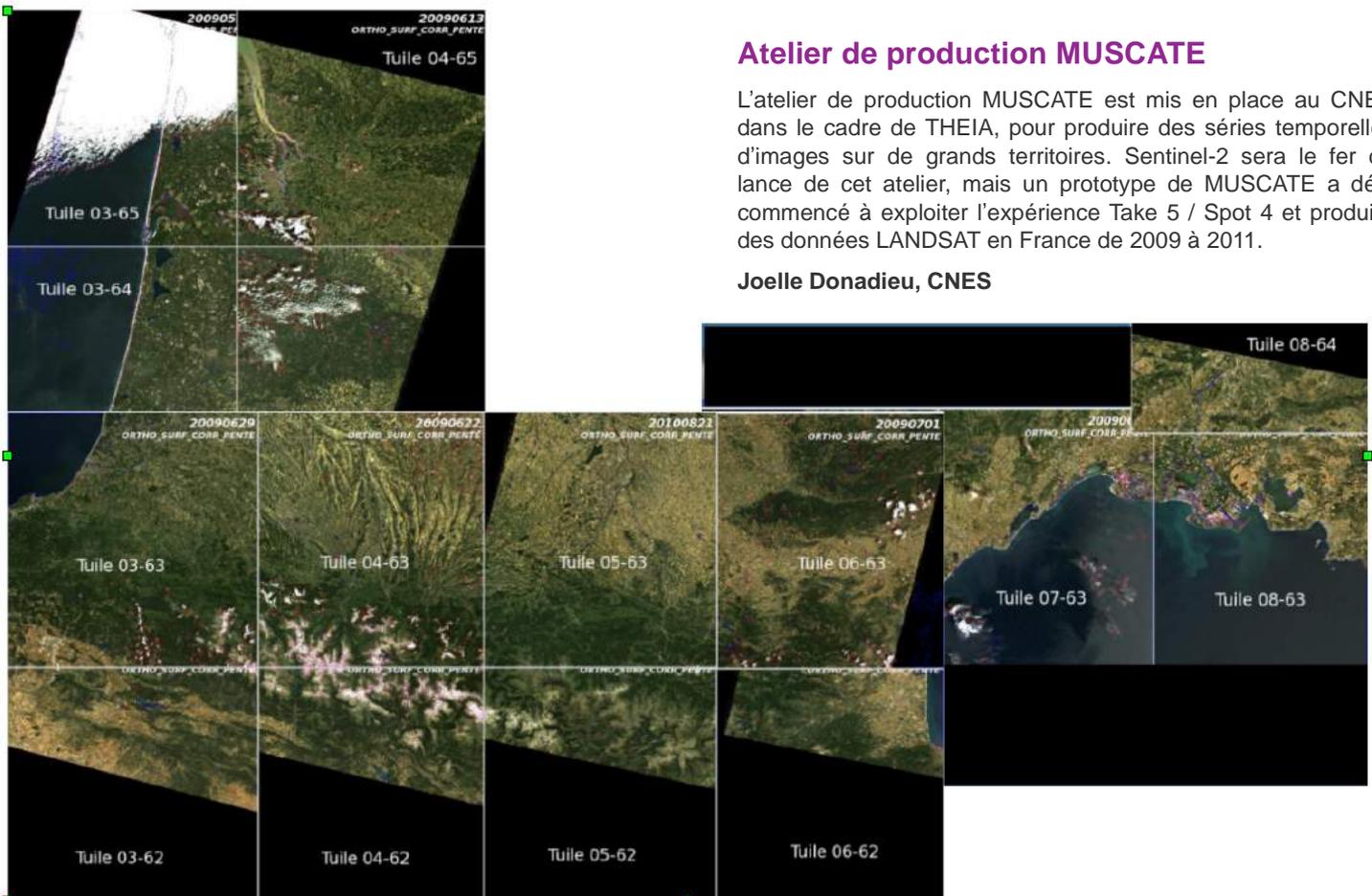
Ces accès privilégiés s'inscrivent dans la vocation du pôle THEIA : faciliter l'accès aux données utiles aux scientifiques. L'IGN, partenaire fondateur du pôle, travaille à élargir la palette des produits et services proposés à cette communauté d'utilisateurs. Par exemple, des images issues des satellites d'observation de la Terre commencent à être diffusées et des services de traitement d'images sont en cours d'implémentation, avec l'appui du programme d'équipement d'excellence- GEOSUD.

**Eric Breton, IGN**

### Atelier de production MUSCATE

L'atelier de production MUSCATE est mis en place au CNES dans le cadre de THEIA, pour produire des séries temporelles d'images sur de grands territoires. Sentinel-2 sera le fer de lance de cet atelier, mais un prototype de MUSCATE a déjà commencé à exploiter l'expérience Take 5 / Spot 4 et produire des données LANDSAT en France de 2009 à 2011.

**Joelle Donadieu, CNES**

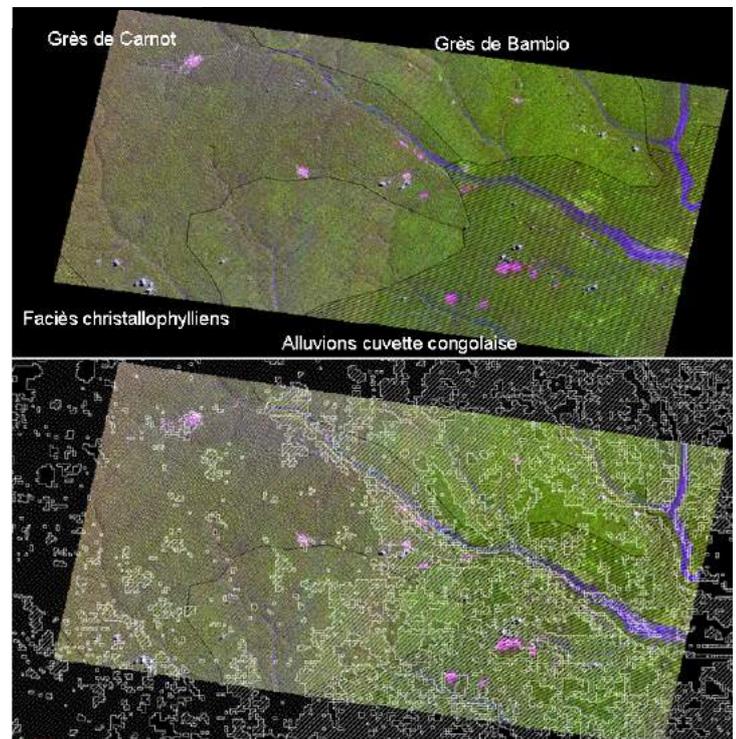


Exemple de production de données LANDSAT par MUSCATE sur le Sud de la France

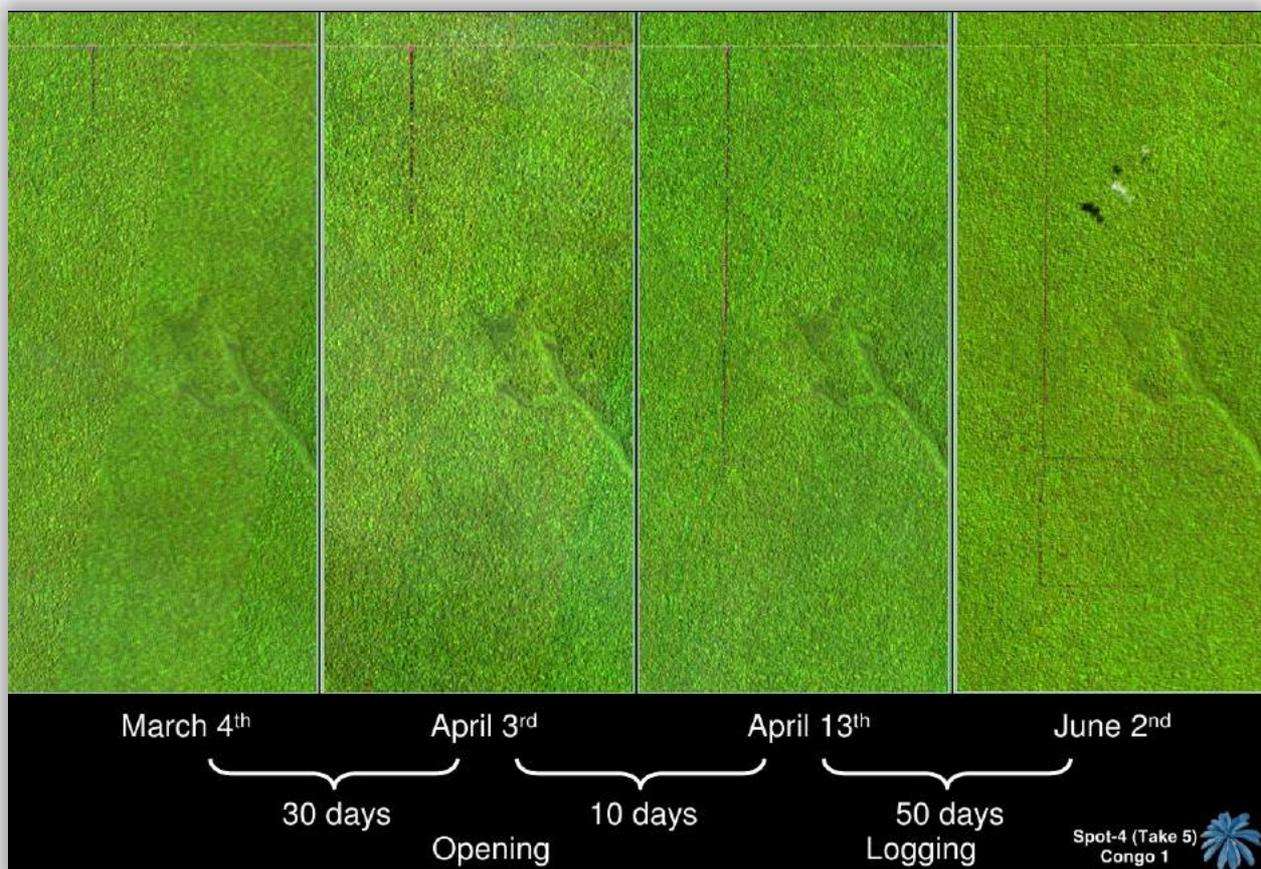
### Parole d'Utilisateur: Données SPOT 4 Take 5

Valéry Gond, chercheur au CIRAD, s'intéresse aux forêts tropicales du Nord du Congo, et utilise les séries temporelles d'images pour séparer les forêts à tendance sempervirente des forêts à tendance décidue. L'analyse de dix années d'un indice de végétation MODIS à 500 m de résolution a permis de reconstituer des profils temporels annuels synthétiques reflétant la phénologie des formations forestières observées, et de séparer ces deux types de forêts. Il semble que ces variations dans la phénologie foliaire sont en partie liées à la géologie du terrain. Le site choisi pour l'expérience SPOT4 (Take-5) est placé sur la transition entre ces deux zones. Six images très claires ont été obtenues entre février et juin 2013, ce qui est exceptionnel dans cette zone fortement nuageuse. Ces données permettront d'analyser des profils temporels de l'activité photosynthétique à un niveau de détails bien supérieur à celui de MODIS, afin de mieux comprendre le fonctionnement de ces forêts contrastées. Ce jeu de données à haute fréquence temporelle nous permet aussi d'évaluer les possibilités de surveillance des activités humaines en forêt tropicale humide. Les images illustrent l'ouverture de la canopée par une compagnie forestière, ce qui démontre la capacité de Sentinel-2 à identifier et évaluer les impacts humains dans les endroits les plus reculés de la planète.

**Valéry Gond, Cirad**



Forêts Sempervirentes (<30% décidues) Forêts Semi (<40% décidues)



De gauche à droite, les images (SPOT4 (Take5)) du 4 mars, des 3 et 13 avril et du 2 juin. A partir d'une piste forestière en haut de l'extrait, une piste forestière est ouverte vers le sud le 4 mars puis progresse vers le sud jusqu'au 13 avril. A cette date la piste se redirige vers l'est afin d'aller exploiter des peuplements forestiers. Le 2 juin les infrastructures d'exploitation sont réalisées et la coupe commence.

## Parole d'Utilisateurs : Données Kalideos

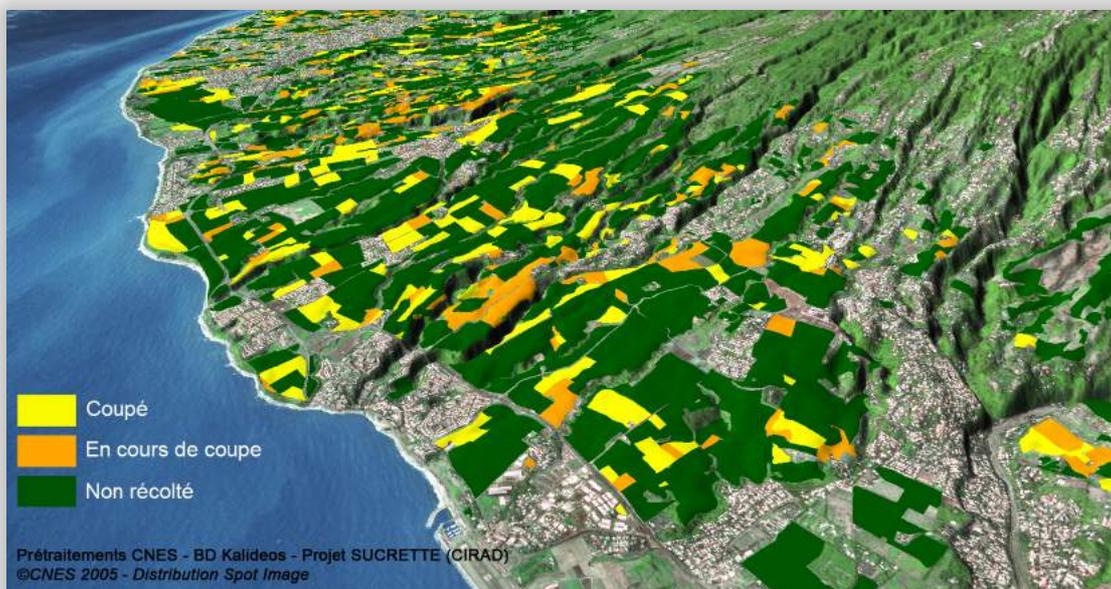
Depuis une dizaine d'années, le Cirad développe des recherches en télédétection appliquée à l'aide à la décision pour la production de canne à sucre. Initiés à la Réunion et en Guadeloupe, en collaboration avec le CNES, SPOT Image, les producteurs et les industriels du sucre, ces travaux ont donné lieu à des prototypes de produits de télédétection qui permettent à la filière canne d'optimiser sa production.

Pour des raisons de fiabilité, de reproductibilité et par nécessité de disposer d'images comparables, ces recherches méthodologiques ont été réalisées à partir de produits inter-étalonnés «Top of Canopy» (TOC) délivrés par le programme Kalideos du CNES. Libérés des lourdes et fastidieuses tâches de post-traitement, les chercheurs ont pu concentrer leurs recherches sur la traduction des informations radiométriques contenues dans des images SPOT 4 et 5 en indicateurs

agronomiques. Les images de Kalideos ont ainsi permis de développer des produits cartographiques (hétérogénéité de croissance, prévision de rendement, avancement de la récolte de canne) qui apportent des informations inaccessibles aux décideurs dans un contexte agricole où la production est répartie entre plusieurs milliers de planteurs.

Après quelques années de diffusion auprès des utilisateurs potentiels ces produits sont aujourd'hui en cours de déclinaison en versions de production, diffusables rapidement après l'acquisition, à faible coût, obtenues à partir des images «*Top of Atmosphere*» faciles à produire. Leur fiabilité est validée par comparaison avec les produits de référence issus des images «*Top-Of-Canopy*» de Kalideos.

**Pierre Todoroff et Agnès Bégué, Cirad**



## Centre d'Expertise Scientifique INRA

Le dispositif INRA en télédétection vise au développement d'applications sur l'agriculture, les forêts et la gestion du paysage et des territoires. Les chercheurs concernés relèvent principalement des Départements Environnement et Agronomie (EA) et Écologie des Forêts, Prairies et milieux Aquatiques (EFPA) avec une animation en réseau qui rassemble des thématiciens et des télédéTECTEURS. Les principales capacités d'expertise scientifique en télédétection sont présentes sur 4 centres dont les domaines d'activités thématiques se recoupent partiellement à : Avignon (agriculture, paysage, global), Bordeaux (forêt, paysage, global), Montpellier (sol) et Toulouse (agro-écologie). Des recherches mobilisant des développements spécifiques en télédétection sont également actives sur les centres de Nancy (cycle eau & carbone des forêts, santé des forêts), Orléans (classification des sols), Ile-de-France, Rennes, etc. Dans le contexte de la constitution du pôle THEIA et en concertation avec les autres organismes de recherche, une prospective demandée par le Directeur Scientifique Environnement sur le développement de services opérationnels sur l'agriculture et les forêts est en cours.

**Nathalie Bréda et Jean Pierre Wigner, INRA**

## Centre d'Expertise Scientifique CESBIO

Il intervient sur le pôle THEIA à plusieurs niveaux :

- la préparation de méthodes de traitement et de prototypes de chaînes de traitements. C'est l'un de ces prototypes qui est utilisé pour produire des réflectances de surface avec SPOT4 (Take5) et bientôt avec LANDSAT 8 et Sentinel-2. Pour ce même projet, un produit de synthèses mensuelles de réflectances de surface est en cours de développement ;
- la validation de produits fournis par THEIA, notamment les masques de nuages, les corrections atmosphériques, les réflectances de surface et les variables biophysiques ;
- la définition de méthodes d'utilisation de ces données, leur mise en place dans des projets pilotes, la fourniture du retour d'expérience associé, la mise à disposition d'applications dans des bibliothèques open source (OTB) et peut-être le développement de chaînes opérationnelles, par exemple pour la production de cartes d'occupation des sols. CESBIO agit de même vis-à-vis du projet SMOS (recherche d'algorithmes, prototypage, validation, valorisation).

**Olivier Hagolle et Yann Kerr, CESBIO**

### Estimation des rendements et besoin en eau des cultures à partir d'images satellitaires hautes résolutions spatiale et spectrale

La thèse de Martin Claverie soutenue au CESBIO (janvier 2012) avait pour objectif de montrer l'apport des données satellitaires à hautes résolutions spatiale et temporelle pour le suivi des agrosystèmes et en particulier des cultures d'été. Ce travail a été envisagé en préparation au programme Sentinel 2 dont l'objectif est de fournir des images sur l'ensemble du globe avec une résolution spatiale de 10 m et une répétitivité de 5 j. Les travaux conduits dans le cadre de cette thèse ont permis de démontrer l'intérêt de disposer d'images à la fois à hautes résolutions spatiale et temporelle (FORMOSAT). Un suivi temporel régulier (au moins 2 images par mois) permet d'affiner l'estimation des variables biophysiques caractéristiques des cultures telles que le GAI (Green Area Index, surface foliaire) ou le FAPAR (Rayonnement Absorbé pour la photosynthèse). Cette connaissance est nécessaire pour modéliser avec plus de précision le fonctionnement des cultures. La connaissance de la dynamique temporelle de ces variables a permis de piloter et de spatialiser un modèle simple d'agrométéorologie développé au CESBIO (SAFY). Ce modèle permet d'estimer les rendements des cultures à partir de données météorologiques et du GAI estimé par télédétection. Les rendements estimés via le couplage entre les données de télédétection et le modèle agrométéorologique ont été comparés aux statistiques Agreste pour

le département de la Haute-Garonne. Les résultats ont conduit à de très bonnes estimations (Figure 1).

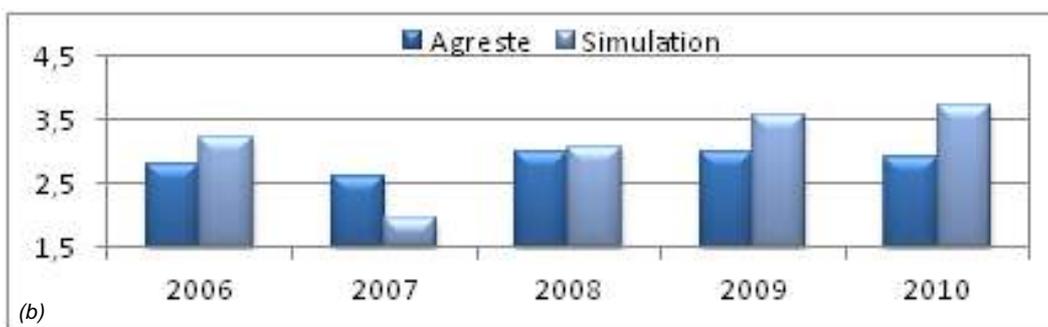
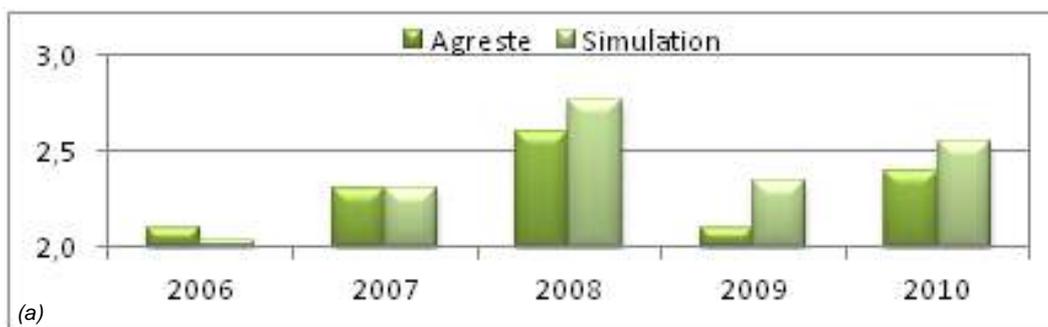
Ce travail est poursuivi à l'heure actuelle dans le cadre de la thèse de Marjorie Battude (projet MAISEO, 2013-2017). Les partenaires associés à ce projet sont la Compagnie d'Aménagement des Coteaux de Gascogne (CACG), gestionnaire de l'eau sur des bassins hydrographiques du Sud-Ouest, Météo-France et le CESBIO. Un des objectifs de ce projet est de proposer des méthodes innovantes et opérationnelles pour l'estimation des besoins en eau des cultures, en temps quasi réel, à l'échelle d'un bassin versant (BV). Le BV étudié est celui de la Neste.

Il s'agira de fournir au gestionnaire de l'eau des outils qui lui permettront d'anticiper et de mieux gérer la demande en eau d'irrigation liée à la culture dominante présente dans ce BV, le maïs. Le modèle agrométéorologique sera piloté par les données de télédétection acquises en 2013, dans le cadre de la campagne SPOT4-Take5

Cette campagne a permis de disposer d'un jeu de données satellitaires unique, disponible sur l'ensemble du Sud-Ouest de la France (dont le BV de la Neste) avec un suivi d'une à deux fois par mois pendant toute la période d'irrigation. Un diagnostic des occupations du sol et des surfaces irriguées sur le BV sera réalisé en début de période d'irrigation, et l'apport de ces données sera évalué pour la prévision des besoins en eau des cultures et la gestion en temps quasi-réel de l'eau d'irrigation.

<http://www.cesbio.ups-tlse.fr/multitemp/?p=4>

Gérard Dedieu et Valérie Demarez CESBIO



Comparaison entre rendements (t/ha) simulés par le modèle agrométéorologique-piloté par les données satellitaires hautes résolution temporelles-et les statistiques fournies par Agreste (2006 à 2010). (a) pour le tournesol, (b) pour le soja.

## Problématique Scientifique

### Estimation de l'albédo

L'albédo est une Variable Climatique Essentielle (ECV en anglais) du bilan énergétique terrestre variant entre les valeurs 0 et 1. Il sert à quantifier la part du rayonnement du spectre solaire (entre 0.3  $\mu\text{m}$  et 3  $\mu\text{m}$ ) réfléchi par la surface, et la part du rayonnement absorbée par cette dernière, avec des contributions différentes de la part d'un sol nu, de la végétation ou de la neige.

Les facteurs climatiques (pluie, vent, température...) sont des facteurs déterminants. L'albédo d'un sol nu dépend de l'humidité superficielle qui peut réduire sa valeur de moitié par rapport à un sol sec. Les effets de l'humidité varient ainsi de quelques heures à quelques jours et sont observables depuis l'espace. Les variations d'albédo sur la neige en cours de fonte sont rapides et présentent des écarts encore plus importants, dans la mesure où l'albédo initial de la neige fraîche avoisine 0.85 dans le visible tandis que celui d'un sol sombre humide peut descendre à 0.1. L'albédo de la végétation varie quant à lui sur une échelle saisonnière. Il comprend des paliers de valeurs dans le visible, mais aussi dans le proche infra-rouge, dont on se sert pour construire un indice de végétation normalisé (NDVI).

La physique de la mesure englobe des traitements en étalonnage, «décontamination» atmosphérique et correction angulaire. Ils permettent de mesurer l'albédo avec une précision de l'ordre de 3%, se traduisant par une dizaine de  $\text{W}/\text{m}^2$  en termes de forçage radiatif. Les points d'incertitude concernent la présence de nuages résiduels et également les aérosols. En zone de relief d'autre part, la topographie doit être prise en compte. Les valeurs d'albédo sont produites classiquement pour le midi solaire et en moyenne journalière, dans les spectres visible, et proche ou moyen infra-rouge.

Pour l'Europe, les programmes phares récents ont exploité les systèmes d'observation à orbite polaire PARASOL, SPOT/VEGETATION et ENVISAT/MERIS ou à orbite géostationnaire MSG/SEVIRI. Ces systèmes disposent d'une grande capacité de revisite nécessaire à la réalisation d'un «produit albédo». Les pixels ont cependant des résolutions modérées, variant entre 300 m et 6 km. MERIS est le seul capteur à proposer une résolution multispectrale fine : il est précurseur du futur programme Sentinel 3 pour lequel l'albédo sera mesuré dans le cadre du projet Copernicus ImagineS.

A l'heure actuelle, l'initiative HYDRA (*HyMeX Data Transformer*) du CGTD CNES de THEIA assure un service à la communauté HyMeX (*Hydrological cycle in Mediterranean Experiment*) en préparant des produits albédo MSG/SEVIRI du SAF Land projetés sur la zone d'intérêt HyMeX à la résolution 0.05 degré.

<http://www.landsaf.meteo.pt>

Jean-Louis Roujean, Météo France

#### Equipe d'Edition :

Agnès Lherbet, Cirad  
 Isabelle Chaffaut, Cirad  
 Véronique Rousseau, IRD  
 Marc Leroy, CNES  
 Nicolas Baghdadi, Irstea

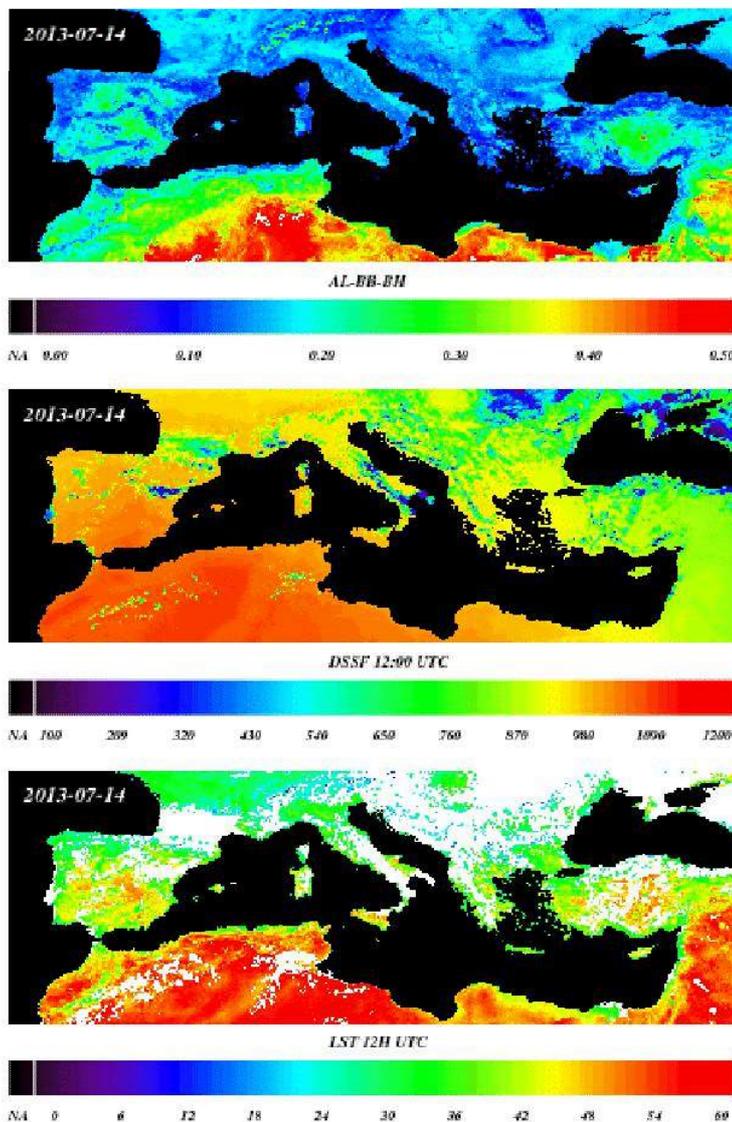


Illustration pour le 14 juillet 2013 de l'albédo journalier solaire estimé d'après les observations de MSG/SEVIRI.