

SOMMAIRE

■ Actus	1
■ Produits & CES	5
■ Expertise privée	9
■ Missions	11
■ Paroles de Theia	13

Mot des directeurs scientifique & technique

Ce premier bulletin depuis le confinement permet de constater que les activités du pôle Theia n'ont que peu souffert de l'épidémie de Covid-19.



L'animation scientifique et régionale sont sans doute les domaines qui ont connu le plus de bouleversements avec des événements annulés et reportés. Les rendez-vous de la rentrée 2020 et notamment l'AppSpace, qui se tiendra à Montpellier le 17 septembre, seront d'autant plus importants que nous avons pleins de

nouveautés à vous présenter.

Theia comme Dinamis vous offrent dès cet été des catalogues de recherche et de téléchargement centralisés et optimisés que nous vous invitons à découvrir. Les produits phare de Theia, comme OSO ou Réflectance, ont continué de s'améliorer durant le dernier semestre. Le produit Neige de Simon Gascoin à Toulouse a inspiré très directement le produit FSC proposé aujourd'hui par Copernicus à l'échelle européenne. Un nouveau produit prometteur développé par Antoine Rabatel à Grenoble offre maintenant des données pour 240 glaciers alpins entre 2000 et 2016.

Ce Bulletin vous propose aussi de suivre le développement des missions satellitaires TRISHNA, SMOS et SWOT pour imaginer quels nouveaux produits pourront être développés grâce à elles. Il donne enfin la parole aux acteurs de Theia : les chercheurs, les animateurs régionaux et les entreprises qui appuient leur développement sur les réussites de la recherche publique. ■

ACTUS

Montpellier, capitale de la GeoData en septembre 2020

Montpellier (Le Corum) accueillera deux événements majeurs pour notre communauté à l'automne 2020 : les **GeoDataDays**, les 15 et 16 septembre, et l'**AppSpace**, le 17. Les circonstances sanitaires nous ont poussés à accroître la coordination entre ces deux événements qui partagent un public commun important.

L'édition 2020 d'**AppSpace** – *Les produits du spatial au service des territoires* – vise à rapprocher les utilisateurs des produits spatiaux de ceux qui les élaborent : producteurs d'image, chercheurs, start-up qui aident à la prise en main, formateurs, animateurs.



La journée alternera entre sessions thématiques (risques, urbanisation, agro-écologie), démonstrations, ateliers concrets et interactifs. L'événement, co-organisé par Theia et soutenu par le CNES, est piloté par OPENIG, structure co-animatrice de l'animation régionale Theia en Occitanie (► lire p. 14).

AppSpace#2020 : Les produits du spatial au service des territoires !

Inscrivez-vous vite ! L'événement est gratuit pour les scientifiques, les étudiants et les adhérents d'OPENIG.

► www.tools.openig.org/appspace

Le comité de programmation, réunit le CNES, le pôle Theia, Dinamis, GeoSud... aux côtés d'institutionnels locaux (Région Occitanie, métropole de Montpellier) et nationaux (IGN). Nous vous attendons nombreux !



Inscrivez-vous vite !

► www.geodatadays.fr/inscription

Après le Havre en 2018 et Arras en 2019, la 3^e édition des **GeoDataDays** fait halte en Occitanie les deux jours précédents l'AppSpace : transition écologique, éthique de la donnée, adaptation face à la crise, etc. seront au menu de cette année. Articulée autour de grands débats d'ateliers pratiques, de challenges, d'un salon de 50 expositions et de moments de convivialité, les GeoDataDays marqueront cette rentrée !

Les **GeodataDays** 2020, organisées par l'AFIGEO (et DécryptaGéo) avec OPENIG, la Région Occitanie, Montpellier Méditerranée Métropole et le Ministère de l'écologie constituent l'événement annuel national et indépendant des professionnels de la géodata. ■

Anne FROMAGE-MARIETTE (OpenIG),
Françoise DE BLOMAC (DécryptaGéo)
& Elise LADURELLE-TIKRY (AFIGEO)

Géorep et son catalogue Pléiades pour la Nouvelle-Calédonie

Pléiades 1A/1B est un programme spatial financé par le CNES et opéré par Airbus Defence & Space. L'origine publique du financement de ces satellites jumeaux a permis la mise en place, grâce au CNES, d'une Licence dédiée aux institutionnels français, dits « Utilisateurs Institutionnels Autorisés » (UIA).

Comme l'explique l'article dédié dans le *Bulletin de la Géomatique en Nouvelle-Calédonie*, cette Licence présente de nombreux avantages : notamment, le très faible coût d'acquisition des données et la possibilité pour tout UIA de récupérer gratuitement toute donnée déjà financée via la Licence concernée.

Sur l'initiative d'INSIGHT, en ses qualités de distributeur des produits et services d'Airbus DS dans la région Pacifique Sud et de co-animateur de l'ART GeoDEV-NC, le Service de la Géomatique et de la Télédétection (SGT) du Gouvernement de la Nouvelle-Calédonie a su mettre en place sur son portail de l'information géographique territoriale, le Georep, une application dédiée au recensement des données Pléiades THR acquises sur le territoire sous Licence UIA : le Catalogue UIA.



Le site Georep ► georep.nc

Totalement ouvertes, ces informations diffusées aux acteurs institutionnels calédoniens présentent pour chaque image, ses principales métadonnées associées ainsi qu'une imagerie permettant une visualisation de la donnée.

Elles sont maintenues à jour par l'ART GeoDEV-NC et permettent de faciliter l'accès à de telles données THR pour les différents ayants droit, tout en contribuant ainsi à la fois à la mutualisation des moyens et à l'optimisation des fonds publics.

Une couverture exhaustive du territoire de la Nouvelle-Calédonie est en cours, incluant lagon et récifs éloignés ; ces nouvelles données seront implémentées dans l'application dès livraison. ■

Marc DESPINOY (IRD)
& Jean MASSENET (INSIGHT),
animateurs de l'ART GeoDEV Nouvelle-Calédonie

► www.theia-land.fr/artist/geo-dev-nouvelle-caledonie/



Le Catalogue UIA pour la Nouvelle-Calédonie ► carto.catalogue-uia.georep.nc

Nouvel espace Ressources de l'ART GeoDEV

Le site web de l'animation régionale Theia « pays du Sud » (ART GeoDEV) s'est enrichi d'un espace Ressources qui propose à ses utilisateurs des contenus en lien avec l'observation spatiale des territoires et de l'environnement au Sud. Les ressources thématiques sur l'agriculture, la forêt et l'occupation des sols sont ouvertes et accessibles ; prochainement les thématiques biodiversité, eau, santé, risques et urbain viendront compléter les ressources actuelles.

L'espace Ressources, accessible par simple adhésion au réseau GeoDEV, est évolutif et collaboratif.

Un contenu riche et adapté

Il s'enrichira progressivement de nouveaux contenus issus du pôle Theia, mais aussi de contributions des adhérents eux-mêmes : des formulaires de soumission de contenus sont mis à disposition pour faire remonter et partager au sein du réseau les actualités ou documents d'intérêt.

Chaque Thème recense des actualités, événements ou documents d'utilité classés en catégories. Il propose des présentations de produits dérivés de données satellitaires, des liens vers des web services dédiés, des documents accessibles en téléchargement : supports pédagogiques, publications scientifiques, fiches projets, diaporamas, etc.. La série de fiches thématiques GeoDEV consacrée aux applications terrains et recherches en cours dans les pays du Sud sera également disponible dans cet espace.

Une rubrique « catalogues images & boîtes à outils », transverse aux thématiques, recense un ensemble d'images satellitaires disponibles sur les territoires au Sud. Elle dirige vers des outils de visualisation, d'extraction de zones et téléchargement ainsi que



de traitements de données (séries temporelles, classifications).

L'équipe GeoDEV est à disposition pour toute interaction avec les utilisateurs qui désireraient en savoir plus. ■

Jean-François FAURE (IRD, Espace-DEV)
Co-animateur GeoDEV

► www.theia-land.art-geodev.fr



« Mon Environnement vu de l'espace » : Copernicus dans les écoles bretonnes

Un groupe de sept élèves ingénieurs d'IMT Atlantique encadré par le GIS BreTel (ART Bretagne) est intervenu auprès d'écoliers sur le thème « Mon Environnement vu de l'espace ».

Au programme : découverte du spatial par un quiz interactif, réalisation d'une maquette de satellite, découverte des enjeux environnementaux par observation satellitaire.

Un bel enthousiasme

« Ce projet nous a permis de transmettre nos connaissances du domaine spatial et des thématiques environnementales de manière ludique et interactive, en les adaptant à des élèves de primaire », « Les enfants étaient très enthousiastes, dynamiques

et intéressés devant nos interventions et ont pris plaisir à réaliser leur maquette de satellite. Curieux, ils posaient beaucoup de questions », témoignent les élèves ingénieurs.

Écourté cette année avec la fermeture des écoles, ce programme d'intervention sera de nouveau proposé l'année prochaine à des écoles de la région.

Merci aux élèves ingénieurs Édouard d'Aviau de Ternay, Armand Douce, Louis Klein, Elsa Moudio Priso, Jean Plumail, Lucas Rakotoarivony et Hugo Ssi Yan Kai pour leur motivation tout au long du projet. ■

Marie JAGAILLE, Bretel
► bretel.eu

Co-animatrice de l'ART Bretagne
► theia-land.fr/art-kalideos-bretagne



Le Cerema diffuse en Open Source la chaîne de traitement d'images satellites de son Pôle Satellitaire

Issue de plusieurs années de développement sur des thématiques de l'aménagement du territoire et des risques, la chaîne de traitement d'images satellites du Pôle Satellitaire du Cerema vient d'être publiée en Open Source sur Github.

Cette chaîne de traitement sous Python s'articule en 3 niveaux :

- des bibliothèques élémentaires : généralistes (traitement de fichiers et dossiers, lecture de texte et xml, affichage, calculs mathématiques...) et métiers (pour la gestion de données image, vecteur, bases de données...) s'appuyant sur des bibliothèques Open Source (OTB, GDAL, NumPy, OpenCV...)
- des applications de traitement avancées, permettant d'exécuter des traitements complexes sur les données (classification, segmentation, vectorisation...)
- un séquenceur, permettant de paramétrer les enchaînements d'applications, de superviser et de distribuer les calculs.

Au cœur des travaux du Cerema

La chaîne est mise en œuvre dans les travaux du Pôle Satellitaire, en particulier sur les thématiques de suivi d'aménagement à l'échelle urbaine ou régionale, de suivi du littoral ou encore de gestion des risques d'inondation. CartEau, un plugin pour QGIS développé par le Cerema pour le calcul d'emprises inondées s'appuie également sur cette chaîne.



Les images satellites exploitées dans ce cadre sont issues des capteurs Pléiades, SPOT-6/7, RapidEye ou encore Sentinel-1 et 2.

Retrouvez toutes les actualités du Pôle Satellitaire sur le site du Cerema. ■

Amélie LOMBARD (Cerema)
www.cerema.fr

► github.com/CEREMA/dterso.chaineTraitement.traitementImageSatelliteEtIndicateursDerives

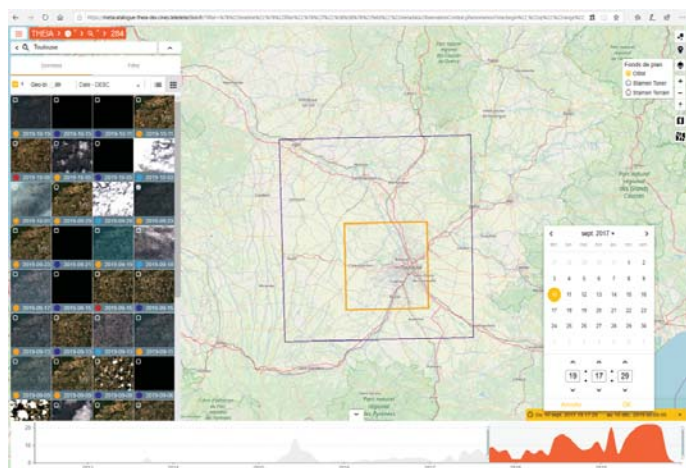
Le nouveau catalogue Theia : toutes les collections dans une visualisation unique

Dès 2013, Theia avait mis sur sa feuille de route la mise en place d'une interface cartographique web unique permettant une recherche et une visualisation centralisée de toutes les collections. Le besoin d'un outil équivalent pour l'offre Dinamis a permis de mutualiser des ressources et de lancer le développement.

Ce nouveau catalogue Theia développé par Thalès et Gisaïa, disponible depuis juin 2020, butine donc tous les IDS existants pour donner accès à l'ensemble des collections Theia qui le permettent.

Un outil de recherche développé

Ce « métacatalogue » permet une recherche fine par collection, par capteur, par emprise géographique, par plage temporelle et par répartition statistique.



Le développement a été guidé par le souci de rendre l'interface utilisateur ergonomique et simple d'utilisation. Le dispositif se veut évolutif afin d'intégrer toutes les futures collections qui seront ajoutées au portefeuille Theia.

Aux côtés des utilisateurs

Les catalogues d'origine (Hydroweb, Theia.cnes, Geosud, Thisme) sont toujours accessibles et les produits restent physiquement stockés sur ces catalogues. Mais pour faciliter l'accès aux produits, les téléchargements sont directement possibles depuis le « métacatalogue ». Il suffit à l'utilisateur de saisir ses identifiants dans le catalogue d'origine du produit, ce qui est facile grâce à l'identification unique mise en place sur le pôle Theia. Pour vous aider dans vos premiers pas une série de six tutoriels vidéo est disponible sur le chaîne YouTube de Theia.

Les produits d'imagerie spatiale (Spot, Pléiades, etc.) sont également regroupés dans le catalogue unique Dinamis (► Lire ci-dessous). ■

Arnaud SELLÉ (Cnes)
Chef de projet Cnes Theia
& Stéphane DEBARD (IRD)

Chargé de mission Données scientifiques Theia

Catalogue Theia
 ► catalogue.theia-land.fr

Tous les tutoriels rassemblés dans une playlist YouTube
 ► <https://bit.ly/2NvQ1lo>

Le nouveau catalogue Theia offre un accès centralisé aux produits des CES ainsi que des fonctions avancées de recherche et de visualisation d'images..

Un Site Web et un Catalogue pour Dinamis

L'équipe DINAMIS – Dispositif Institutionnel National d'Approvisionnement Mutualisé en Imagerie Satellitaire – est heureuse d'annoncer à ses utilisateurs le lancement prochain (été 2020) de son site web : www.dinamis.data-terra.org.

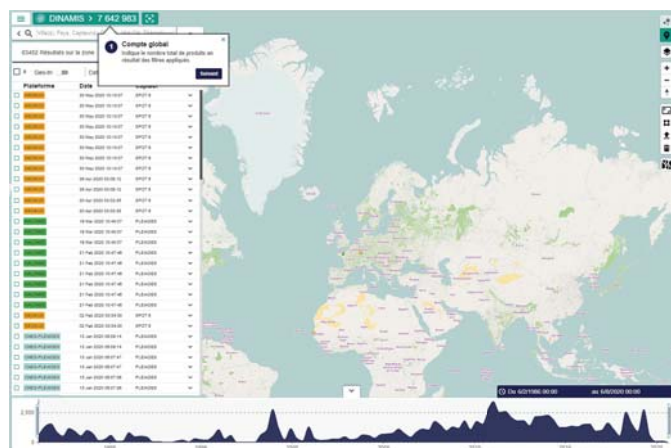
Le site offrira aux utilisateurs un ensemble complet d'informations utiles : critères d'éligibilité, modalités de création de comptes, brefs descriptifs des données mises à disposition, étapes du renseignement des demandes en imagerie THRS via l'Application dédiée notamment.

Rassemblant les documents utiles à l'accès des imageries Pléiades et Spot 6-7, le site web DINAMIS vient combler un besoin récurrent et compléter l'Application d'expression de besoin. Cette dernière sera, tout comme le Catalogue unifié DINAMIS, directement accessible en page d'Accueil du site.

Un catalogue avancé pour un bouquet élargi

Le catalogue DINAMIS récemment développé permettra d'accéder en quelques clics aux collections Pléiades, Spot 6-7 et RapidEye, diffusées préalablement par les dispositifs ISIS et GEOSUD. Dans un souci de simplification pour les utilisateurs, il permettra aussi de naviguer, au sein de la même interface, dans les collections Sentinel (1 & 2) et Spot World Heritage (Spot 1 à 5) qui sont hébergées par les infrastructures du Cnes.

C'est donc à un bouquet élargi de données THRS et HRS que les utilisateurs de DINAMIS pourront accéder en visualisation et téléchargement, dans un territoire et dans une plage temporelle donnée. Petit à petit, le Catalogue évoluera pour progressivement intégrer au sein de ses interfaces les fonctionnalités de l'Application d'expression de besoin THRS.



Le nouveau catalogue Dinamis proposera des fonctions avancées de recherche d'images Pléiades, Spot 6-7, RapidEye, Sentinel et Spot World Heritage

Le site web sera doté d'un Formulaire de contact qui permettra à chacun de solliciter, en fonction de ses besoins, un support technique de la part de l'équipe DINAMIS. Il proposera dans un second temps une Foire Aux Questions (FAQ). ■

Jean-François FAURE (IRD, Espace-DEV)
 Secrétaire exécutif de DINAMIS

Portail DINAMIS
 ► dinamis.data-terra.org

Catalogue DINAMIS
 ► catalogue-dinamis.data-terra.org/

Occupation des sols : un produit en constante amélioration

La production de la carte d'occupations du sol sur la France métropolitaine est assurée par l'équipe opérationnelle d'exploitation MUSCATE du Cnes depuis le millésime 2018. Ce n'est pas pour autant que le Cesbio, qui faisait la production depuis les débuts du CES Occupation des sols (OSO) a arrêté de travailler pour Theia. Il en est de même pour ce qui concerne les autres laboratoires partenaires du CES OSO. Du côté du Cesbio, nous avons continué à améliorer les méthodes de cartographie de l'occupation des sols à grande échelle et à les intégrer dans la chaîne de traitement *iota2*.

Les apports de la classification contextuelle

Une des nouveautés importantes est la méthode de classification contextuelle développée par Dawa Derksen dans le cadre de sa thèse. Le détail de la méthode a été publié dans la revue *Remote Sensing*, montrant que la méthode fait aussi bien que des approches utilisant le *Deep Learning*, mais avec un coût en calculs (et donc en énergie) bien moindre.

La particularité de la méthode est qu'elle permet de prendre en compte le voisinage d'un pixel dans la procédure de classification. Cela permet notamment de diminuer les erreurs dans les classes d'occupation qui se caractérisent par une hétérogénéité spatiale, comme par exemple le tissu urbain diffus, les vergers, etc.

Même si la méthode est intégrée dans la chaîne de production, nous ne l'avons pas utilisée pour le millésime 2019 publié en mars 2020. En effet, le CES OSO est engagé avec Theia dans la continuité des produits en introduisant des modifications seulement si elles améliorent la qualité du produit et restent compatibles avec les millésimes précédents. C'est pourquoi nous avons publié un produit prototype afin de recueillir les avis des utilisateurs. Il s'agit de la carte 2018 sur un tiers sud de la France métropolitaine (environ 30 tuiles Sentinel-2).

Les figures 1, 2 et 3 montrent respectivement une vue aérienne, la carte produite avec la méthode classique et la carte issue de la méthode contextuelle, sur une petite zone. Le tableau 1 ci-contre donne les statistiques de validation sur la zone complète des 30 tuiles. La version contextuelle contient moins de bruit tout en conservant une définition précise de la forme des objets. On observe aussi un gain en termes de précision pour toutes les classes. Cependant, ces statistiques doivent être interprétées avec précaution, car elles ne permettent pas de tenir compte des erreurs localisées qui pourraient être importantes du point de vue

Tableau 1

Comparaison des précisions entre la méthode classique OSO et la méthode contextuelle

Méthode	Classique	Contextuelle	Diff.
Précision globale (%)	78,8	85,4	6,6
Urbain dense	10,5	15	4,5
Urbain diffus	57,3	76,5	19,2
Zones ind. et comm.	54,3	65,7	11,4
Routes	46,7	64,3	17,6
Colza	92,5	95,2	2,7
Céréales à paille	85	90,1	5,1
Protéagineux	53,3	71,3	18
Soja	80	90,1	10,1
Tournesol	91,7	95,3	3,6
Maïs	90,4	94,1	3,7
Riz	96,9	98	1,1
Tubercules/racines	57,9	73,1	15,2
Prairies	52,4	66,9	14,5
Vergers	36,4	62,5	26,1
Vignes	73,3	90,7	17,4
Forêts de feuillus	79,1	86,3	7,2
Forêts de conifères	87,7	92,8	5,1
Pelouses	66,3	72,8	6,5
Landes	37,3	57,2	19,9
Surfaces minérales	84	88,1	4,1
Dunes et plages	24,3	66,2	41,9
Glaciers et neige	74,9	84,4	9,5
Eau	98,6	98,8	0,2

cartographique. C'est pourquoi, l'avis des utilisateurs OSO est très important.

Les premiers retours sont plutôt favorables, mais ils montrent qu'il reste des réglages à faire avant de passer à l'opérationnel. Nous sommes toujours ouverts à des commentaires et suggestions.

iota-2

Nous avons aussi beaucoup travaillé à l'amélioration de la chaîne de traitement *iota2*. En effet, ce logiciel libre développé au Cesbio est à la fois une plate-forme de recherche et une chaîne de production. À ce titre, elle est utilisée par des laboratoires de recherche

1) image satellite



2) carte OSO classique



3) carte utilisant la méthode contextuelle



Références

Derksen, D.; Inglada, J.; Michel, J. Geometry Aware Evaluation of Handcrafted Superpixel-Based Features and Convolutional Neural Networks for Land Cover Mapping Using Satellite Imagery. *Remote Sens.* 2020, 12, 513.

et des industriels pour des activités de cartographie bien différentes d'OSO.

Nous avons donc fait évoluer la chaîne *iota2* pour rendre faciles les contributions des autres laboratoires du CES OSO, mais aussi pour rendre la chaîne utile à d'autres CES qui ont comme objectif la production cartographique (CES Variables pour la biodiversité, CES Irrigation, etc.). Pour ce travail le programme TOSCA du Cnes finance le projet PARCELLE qui fédère les laboratoires porteurs de ces CES. L'objectif est d'identifier les besoins spécifiques de ces CES et de faire évoluer *iota2* en conséquence.

La chaîne de traitement a été rendue plus facile à installer et à utiliser, sa documentation a été enrichie et la contribution de code par les utilisateurs facilitée. En parallèle du projet PAR-

CELLE, d'autres travaux d'optimisation logicielle ont été réalisés. Toutes ces évolutions ne sont pas directement visibles, mais elles permettent de proposer une boîte à outils pour construire des chaînes de production pour les CES de Theia. ■

Jordi INGLADA (Cnes, Cesbio)

CES OSO

► www.theia-land.fr/ceslist/ces-occupation-des-sols

Produit Occupation des sols de la France métropolitaine

► www.theia-land.fr/product/carte-doccupation-des-sols-de-la-france-metropolitaine

Chaîne *iota2*

► framagit.org/iota2-project/iota2

Un nouveau produit Theia pour suivre l'évolution de glaciers

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.

Mesurer l'altitude de la ligne d'équilibre glaciaire

La ligne d'équilibre glaciaire représente l'endroit sur le glacier où le bilan de masse de surface est nul. Elle délimite donc, à l'amont, la zone d'accumulation (où le bilan de masse est positif) et, à l'aval, la zone d'ablation (où le bilan de masse est négatif). D'une année à l'autre, en fonction des conditions climatiques, l'altitude de la ligne d'équilibre varie. Connaître son altitude chaque année et documenter sa variabilité temporelle nous renseigne donc sur les conditions climatiques et leur évolution.

Traditionnellement et principalement en raison de la difficulté d'accès et de la complexité topographique des milieux glaciaires, les données glaciologiques sont issues de mesures *in situ* et accessibles sur un nombre très limité de glaciers. Ainsi, la mesure *in situ* de l'altitude de la ligne d'équilibre est réalisée sur un nombre de glaciers extrêmement réduit : une quarantaine de glaciers dispose de mesures continues sur plus que 40 ans (soit 0,016 % du nombre total de glaciers sur Terre). Des études récentes ont montré l'intérêt de la télédétection satellite optique à haute résolution spatiale pour régionaliser la mesure de ces variables (e.g. Rabatel et al., 2005, 2012, 2013, 2016, 2017).

Le produit proposé consiste en l'altitude de la ligne d'équilibre glaciaire annuelle, mesurée en fin de période d'ablation pour l'ensemble des glaciers à l'échelle régionale par télédétection spatiale optique.

Les caractéristiques du produit sont :

- Données satellitaires sources : Sentinel-2, Landsat-5/8, ASTER, SPOT-6/7
- Fréquence de publication : annuelle
- Couverture : Alpes Européennes

Un produit sans équivalent

Le produit Altitude de ligne d'équilibre glaciaire n'a pas d'équivalent en Europe (Copernicus) ou aux États-Unis (NSIDC). Une de ses forces est de s'appuyer à la fois sur des observations *in situ* et sur la télédétection. Cette approche s'inscrit enfin dans le cadre de la stratégie de surveillance établie internationalement par le Global Terrestrial Network for Glaciers (GTN-G) et le Global Cryosphere Watch (GCW, WMO).

Sur le plan scientifique, le produit vient combler un déficit d'information sur les glaciers tant à l'échelle nationale qu'internationale. Sur le plan applicatif, il fournit des éléments pour une meilleure caractérisation de l'évolution récente des glaciers et des impacts associés (ressources en eau, niveau de mers) utiles pour la gestion des territoires.

240 glaciers des Alpes européennes

Le produit Altitude de ligne d'équilibre glaciaire annuelle est disponible pour un ensemble de 240 glaciers à l'échelle des Alpes européennes sur la période 2000-2016. La chaîne de traitement des données satellites mise en place dans le cadre de la thèse de Lucas Davaze (2019, Univ. Grenoble Alpes) a été publiée (cf. Davaze et al. 2020, Supp. Mat.). Les réflexions actuelles portent sur la possibilité de réduire au minimum l'intervention humaine pour l'obtention du produit et la mise en production des données. ■

Antoine RABATEL

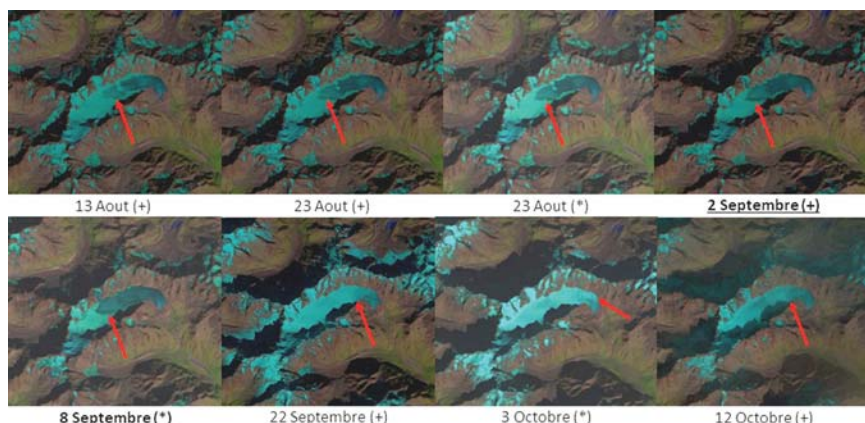
Université Grenoble Alpes | IGE

CES Glaciers

► www.theia-land.fr/ceslist/ces-glaciers

Produit Altitude de ligne glaciaire annuelle

► www.theia-land.fr/product/altitude-de-ligne-glaciaire-annuelle



Évolution de la ligne de neige sur le glacier Blanc (Massif des Écrins, France) pendant l'été 2016. L'altitude maximale est atteinte entre le 2 et le 8 septembre, donnant un point de comparaison de la santé du glacier par rapport aux autres années.

Les images illustrées ont été acquises par les satellites Landsat-8 (*) et Sentinel-2 (+).

Références

Davaze, L., A. Rabatel, A. Dufour, R. Hugonnet, Y. Arnaud. 2020. Region-wide annual glacier surface mass balance for the European Alps from 2000 to 2016. *Frontiers in Earth Science, Cryospheric Sciences*, doi: 10.3389/feart.2020.00149

Réflectance de surface : compléter l'offre, améliorer la validation

La couverture des produits réflectance de surface se complète

Le CES Réflectance de surfaces continue de consolider son offre de séries temporelles de réflectance de surface à haute résolution au moment du passage du satellite (niveau 2A), ainsi que des synthèses mensuelles (niveau 3A). Tous ces produits utilisent les données du satellite européen Sentinel-2. Avec la fourniture des produits pour la Nouvelle-Calédonie (mai 2020) et Madagascar (mars 2020), la couverture géographique que le CES s'était assignée avec ses partenaires est maintenant complète.



Disponibilité du produit N2A en juin 2020.

Sont donc disponibles pour toutes les zones : des produits N2A offrant des réflectances de surface accompagnées d'un bon masque de nuages, issus de la chaîne MAJA et produits de niveau 3A synthèses mensuelles des réflectances de surface pour les observations non nuageuses, produits avec la chaîne WASP.

Améliorer la validation sur les couverts végétalisés

La validation et l'amélioration du produit de niveau 2A reste une exigence forte du CES. L'installation en juillet 2020 d'une station de validation sur la ferme de Lamothe à Lamasquère près de Toulouse va contribuer à atteindre ces objectifs. Les mesures au sol réalisées avec un photomètre sur ce domaine agricole viendront contribuer à l'estimation des propriétés optiques de l'atmosphère et de la surface, et notamment à étudier le flou apporté par l'atmosphère. Cette station complètera les observations menées par le CNES sur les deux sites de la Crau et de Gobabeb (Namibie) capable d'évaluer les performances de Maja sur des couverts végétalisés et, surtout, sur des zones hétérogènes. ■

Olivier HAGOLLE (Cnes, Cesbio)

CES Réflectance

► www.theia-land.fr/ceslist/ces-reflectance-de-surface/

Lire sur le Blog du Cesbio

► labo.obs-mip.fr/multitemp/bientot-un-nouveau-dispositif-de-mesure-de-reflectance-bi-directionnelle-a-lamasquere/

Le produit Neige haute résolution pour l'Europe délivré par Copernicus s'inspire d'un produit Theia

Le Copernicus Land Monitoring Service (CLMS) est heureux d'annoncer la sortie d'une nouvelle série de produits neige et glace haute résolution (20 m par 20 m) sur l'Europe obtenus à partir des observations de la constellation Sentinel-2 et diffusés en quasi-temps réel.

Cette nouvelle offre a été mise en œuvre par l'Agence européenne de l'Environnement en partenariat avec Magellium, Astri Polska, le Cesbio et Météo-France. À la tête du projet, Magellium a développé le système de production en quasi-temps réel sur le DIAS WEKEO ; les produits glace sur les lacs et rivières ont été développés par la société polonaise tandis que les produits neige

résultent d'une collaboration entre le Cesbio, Météo-France et Magellium. (► Sur la genèse du projet, lire la contribution de Michaël Ablain au Bulletin n°12)

Fractional Snow Cover (FSC) en quasi temps réel

Le produit Fractional Snow Cover (FSC) vient compléter la couverture neigeuse, une information déjà proposée dans la collection Neige de Theia. Le Cesbio a fait un pas de plus dans l'algorithme en estimant le pourcentage de neige par pixel. Le produit FSC est disponible trois heures après la publication des produits Sentinel-2 L1C par l'ESA et selon la période de revisite des satellites (5 jours). La production est déjà opérationnelle et assurée conjointement par Magellium et Astri Polska.

Afin de présenter ces nouveaux produits, une rencontre avec les utilisateurs est organisée les 15 & 16 octobre prochains en visioconférence. L'inscription est possible dès aujourd'hui sur le portail du CLMS. ■

Florence MARTI
& Michaël ABLAIN (Magellium)
www.magellium.com/fr/

Les produits HR-S&I sont disponibles au téléchargement

► cryo.land.copernicus.eu/finder/

En savoir plus sur le portail CLMS

► land.copernicus.eu/



Le produit FSC documente en quasi temps réel le pourcentage de neige par pixel. Ici, pour la Norvège, le 16 juin 2020.

Vers un suivi systématique de la PAC par télédétection

Depuis plus de 15 ans, les données satellitaires ou drone sont couramment utilisés en agriculture. Elles permettent déjà le suivi des déclarations PAC (Politique Agricole Commune) des agriculteurs européens, la modulation des intrants (engrais, produits phytosanitaires) au sein des parcelles, le guidage fin des outils agricoles (semis de précision, etc.), le pilotage de l'irrigation, l'estimation des rendements, etc. Dans le cadre de la future PAC (2021-2026) toutefois, l'usage de la télédétection devrait se systématiser.

Des outils modernes et homogènes

Ainsi le projet européen Sentinels for Common Agricultural Policy - SEN4CAP ([► esa-sen4cap.org/](https://esa-sen4cap.org/)) mis en place par l'ESA en collaboration directe (et sur demande) des DG Agri, Grow et CCR, mais aussi en collaboration étroite avec les Agences de Services de Paiement de la PAC (par exemple via le projet H2020 NIVA ► Lire encadré), a permis de développer une chaîne de traitement intégrée permettant de fournir aux instances européennes et nationales de la PAC des produits (données) pertinents pour sa gestion. Cet outil intègre notamment des algorithmes issus des chaînes de traitement MAJA et Iota2 permettant respectivement d'effectuer les corrections atmosphériques sur les images Sentinel et de réaliser des cartes d'occupation du sol.

La chaîne SEN4CAP qui est en phase de test sur six pays de l'Union Européenne permettra ainsi d'automatiser la surveillance des pratiques agricoles, l'établissement de rapports et la vérification des déclarations PAC (on parle de MRV en anglais, pour *Monitoring, Reporting, Verification*). Ces nouveaux outils devraient contribuer à moderniser, homogénéiser entre États-membres et simplifier la PAC après 2020. Ils devraient aussi permettre une accélération des paiements des primes aux agriculteurs.

Documenter les indicateurs agri-environnementaux

Ceci dit, l'usage de la télédétection dans le cadre de la prochaine PAC ne se limitera probablement pas au MRV. Dans le cadre du projet H2020 NIVA, et à la demande des DG Agri, Climat et Environnement, des méthodes de calcul d'indicateurs agri-environnementaux s'appuyant sur l'usage de données Sentinel vont être testées sur plusieurs pays via une collaboration entre l'ASP, l'IGN et trois laboratoires INRAE (Cesbio, Dynafor, LBAE).

Sur les douze indicateurs proposés par ces laboratoires, trois ont été considérés prioritaires : bilan C, biodiversité et risque de lixiviation des nitrates. Les algorithmes permettant de calculer ces indicateurs agri-environnementaux à la parcelle sur de grands territoires seront prochainement intégrés sous forme de module

à la chaîne SEN4CAP. Aussi, pour chaque indicateur entre deux et trois méthodes de calculs de complexité croissante (TIER) ont été proposées. Les méthodes les plus simples, mais aussi les moins précises (TIER 1), doivent pouvoir être mises en place de manière opérationnelle par tous les États-membres grâce aux seules données du Registre Parcellaire Graphique (RPG), informant sur le contour des parcelles et la nature des cultures, et aux données Sentinel, informant par exemple sur la présence ou non sur les parcelles de Culture Piège À Nitrate (CIPAN).

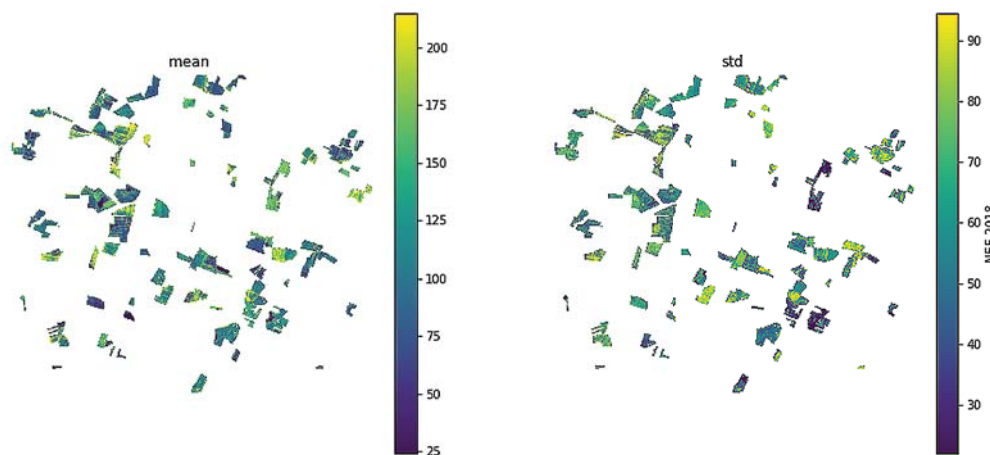
Les méthodes TIER 2 et 3, plus précises mais plus complexes à mettre en œuvre, nécessiteront le recours à des données additionnelles (climat, informations sur les pratiques fournies par les agriculteurs...) et/ou à des modèles agronomiques.

Des diagnostics à la parcelle

Ces nouveaux outils de monitoring et de calcul d'indicateurs agri-environnementaux pourraient également s'avérer être très utiles aux agriculteurs. En effet, l'ensemble des données produites mise à leur disposition gratuitement devraient leur permettre d'établir des diagnostics agronomiques à la parcelle et donc d'améliorer leurs pratiques (modulation des intrants, amélioration de la fertilité du sol...) et leurs marges nettes. Ces nouvelles applications contribueront aussi très certainement à favoriser la transition agro-écologique notamment par le soutien financier des pratiques agro-écologiques (par exemple, les cultures intermédiaires) via le second pilier de la PAC. À brève échéance, le service Copernicus Land Surface Haute Résolution (10m) proposera deux nouveaux services de cartographie et de suivi du développement des cultures et des pratiques sur l'ensemble de l'Europe: le service Phenology HR (fin 2020, produit à partir de la chaîne SEN4CAP), et le service CropLand HR (en 2021). Ces services produiront pour chaque parcelle en Europe les informations nécessaires au calcul des diagnostics agri-environnementaux.

En complément de ces données, les informations fournies par les agriculteurs ou collectées de manière automatique par les machines, comme les apports d'engrais ou les traitements phytosanitaires, permettraient de calculer des indicateurs de performance environnementale très précis pour les exploitations. Connecter les flux de données satellites avec les flux de données provenant des agriculteurs pour établir des indicateurs agri-environnementaux précis constitue donc un enjeu de société et c'est un des défis que s'est lancé le projet européen NIVA. ■

Éric CESCHIA (INRAE, Cesbio)



Cartographie des flux nets de CO₂ (à gauche) et incertitudes associées (à droite) sur des parcelles de blé réalisée avec la méthode TIER-3 (modèle SAFY-CO2) sur le Sud-Ouest de la France à partir de données Sentinel-2 et Venus. Cette méthode permet de calculer des productions de biomasse, des rendements, des flux de CO₂ ainsi que des bilans C à 10m de résolution. Les hautes résolutions spatiale et temporelle permettent de quantifier l'impact des hétérogénéités intra et inter parcellaires de développement de la végétation ainsi que leur incertitude.

VisioTerra : la démocratie par satellite

Créée en mai 2004, VisioTerra est une entreprise spécialisée dans le conseil scientifique en observation de la Terre. Ses prestations incluent l'expertise, la formation et la communication en télédétection, la fourniture de géoservices, le développement d'outils logiciels à base de globes virtuels, l'édition de documentation scientifique, le contrôle qualité pour l'évaluation des instruments et des produits d'observation de la Terre, la spécification et le prototypage de nouveaux produits et instruments, les missions d'audit ainsi que la génération de produits cartographiques pour les SIG. Installé sur le campus de Paris-Est Marne-la-Vallée, VisioTerra collabore avec l'Université Gustave Eiffel, l'ENSG, l'Université Paris Diderot, la Cité des Sciences... par des démonstrations et en formant les étudiants.

Un monde au bout de la souris

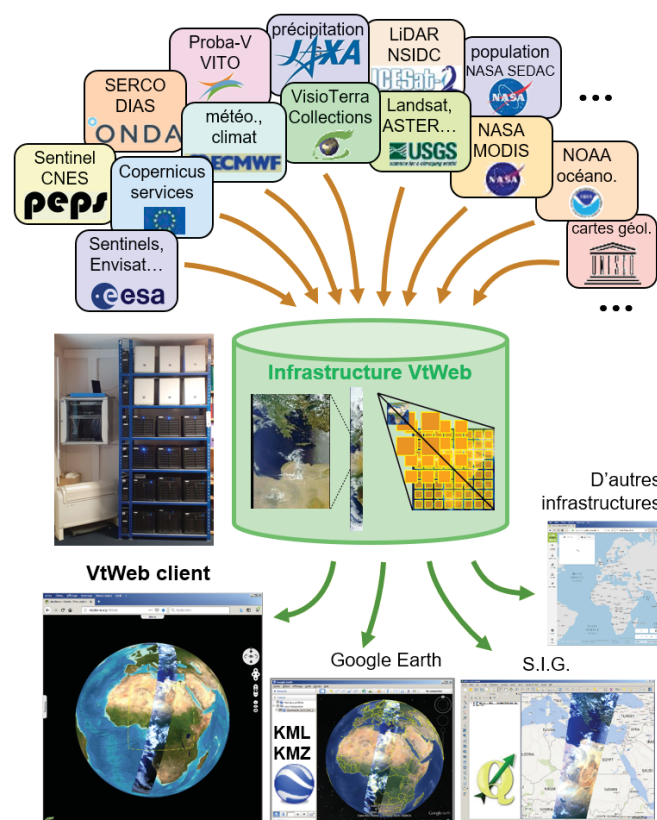
Depuis sa création, VisioTerra milite et met tout en œuvre pour rendre facilement accessible la multitude de données gratuites disponibles sur le Web : données d'observation de la Terre, données météorologiques, climatiques, biogéophysiques, socio-économiques. La plateforme VtWeb (voir figure ci-contre) implémente le concept de *Data Processing Relay* permettant aux utilisateurs de piloter interactivement le traitement de téraoctets de données en se servant gratuitement du pétaoctet de disques et de la liaison fibre optique mis à disposition.

L'écologie numérique

Des traitements sophistiqués sont réalisés à la volée selon des paramètres ajustés interactivement par l'utilisateur. Les serveurs traitent uniquement les parties requises et à l'échelle désirée. Ces traitements peuvent être complexes telles que la moyenne ci-dessous de 5 scènes radar Sentinel-1 acquises entre le 8 mai et le 25 juin 2020, corrigées du bruit thermique, calibrées en γ^0 , orthorectifiées par SRTM et utilisant un indice de différence normalisée des polarisations. Un navigateur quelconque l'affichera en 2D ou en 3D.

Des producteurs aux consommateurs

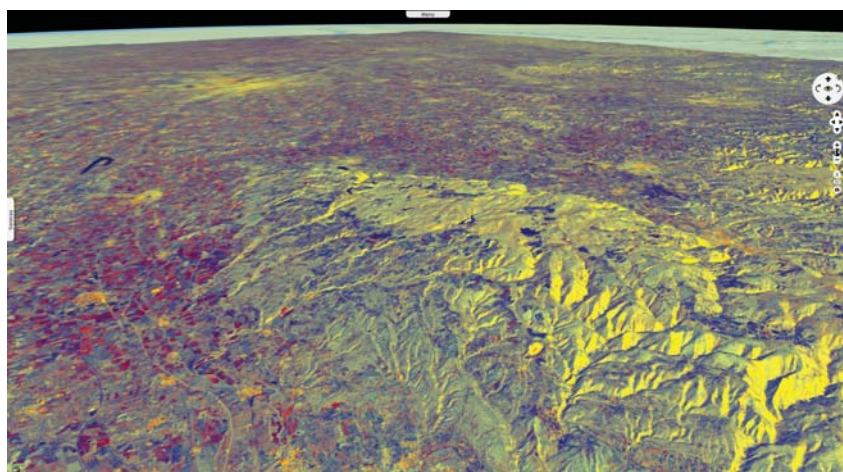
Outre ses nombreux projets avec l'ESA, VisioTerra développe des géoservices pour les utilisateurs finaux. Ainsi l'application FLEGT Watch détecte automatiquement la déforestation dans 8 pays d'Afrique centrale et d'Afrique de l'Ouest. Plus de 180 aires (parc nationaux, concessions forestières, forêts classées...) sont surveillées en permanence représentant plus de 45 millions d'hectares.



Plateforme VtWeb ► visioterra.fr/?VtWeb

Chaque fois que l'un des satellites Sentinel-1 passe au-dessus d'une aire à surveiller, l'algorithme de détection analyse le signal et peut publier un événement. Celui-ci est transmis à la communauté des observateurs qui évalue sa pertinence et peut décider d'organiser une mission de terrain. L'App FLEGT Watch permet de collecter des observations in-situ puis de les partager avec la communauté. Un rapport de mission peut être automatiquement généré. ■

Serge RIAZANOFF (VisioTerra)
► visioterra.fr



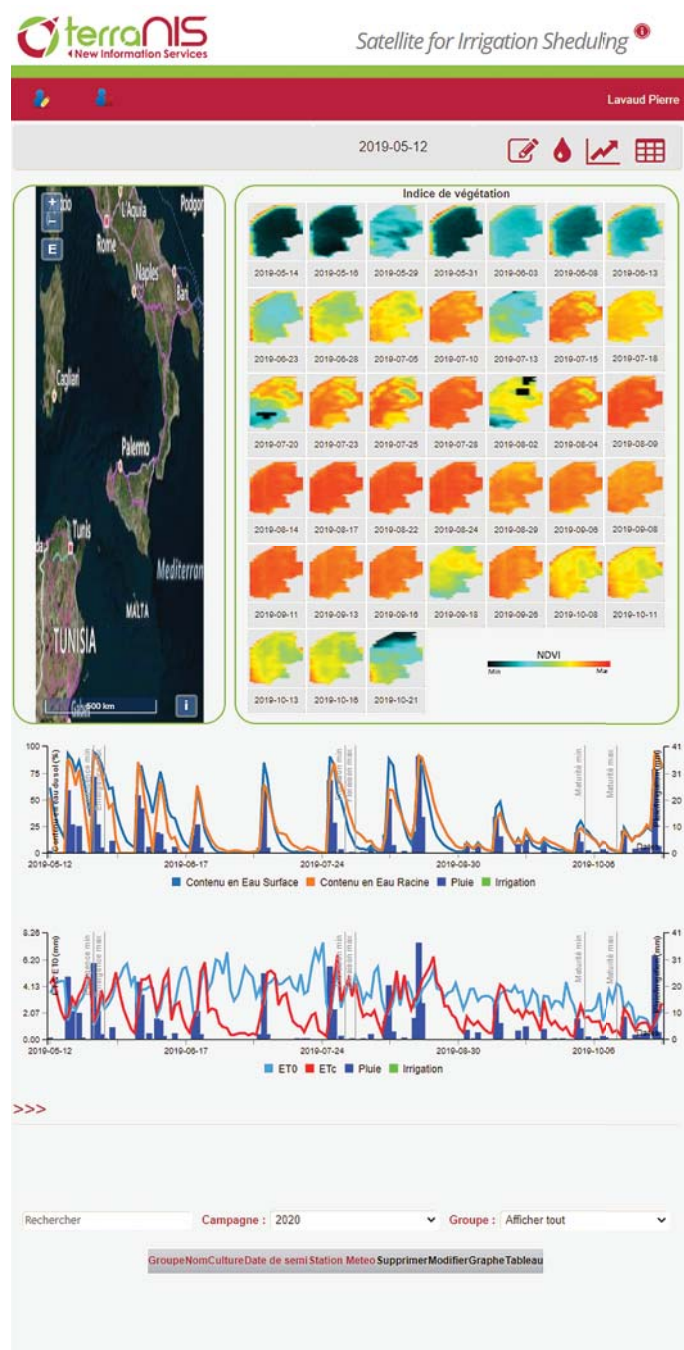
Des « hyperlinks » permettent de partager cette vue en :
2D ► visioterra.org/VtWeb/hyperlook/a34f037f0f5e42aca78806cf318c3348
3D ► visioterra.org/VtWeb/hyperlook/7642b4bea24d47a99149878d3b276e46

Sat'Irr : fruit d'un partenariat entre un institut de recherche et une entreprise.

L'Institut de Recherche pour le Développement (IRD), l'Université Cadi Ayyad de Marrakech (UCA) et l'entreprise TerraNIS ont signé en mars 2019 un contrat de transfert technologique concernant l'application Sat'Irr (*Satellite for Irrigation Scheduling*).

Cet outil est développé dans le cadre d'une collaboration franco-marocaine au sein du LMI TREMA – Laboratoire Mixte International de Télédétection et Ressources en Eau en Méditerranée semi-Aride. Il utilise des images d'observation de la Terre, des données météorologiques (observation et prévision) et des données in-situ (par exemple, les caractéristiques pédologiques de la parcelle agricole) pour estimer la quantité d'eau disponible par la plante dans le sol. En cas de sécheresse, l'application indique à l'exploitant agricole la date et la quantité d'eau à apporter. Cet outil a été testé sur plusieurs terrains d'expérimentation dans le Sud-ouest de la France et dans la région de Marrakech.

Sat'irr, une application dédiée à l'irrigation de la parcelle



Construire un partenariat

TerraNIS est une société basée à Toulouse et spécialisée dans la conception, le développement et la commercialisation de services de géoinformation utilisant l'imagerie satellitaire dans les domaines de l'agriculture, l'environnement et l'aménagement du territoire. Le développement d'outils d'aide à la décision innovants pour l'optimisation des ressources naturelles et l'agroécologie est un axe de développement majeur de l'entreprise. Pour mettre en œuvre cette stratégie, TerraNIS privilégie la création de partenariats et la conduite de projets de R&D.

C'est dans cette dynamique que TerraNIS a souhaité bénéficier du transfert de Sat'Irr. L'objectif pour l'entreprise était d'optimiser les investissements de R&D en accédant à une technologie déjà développée et validée tout en bénéficiant d'une expertise scientifique forte sur cette thématique. Concernant le laboratoire, l'objectif était de valoriser les résultats de recherche et le savoir-faire acquis via une utilisation opérationnelle de l'outil développé.

Le transfert à proprement parlé s'est effectué en trois étapes :

1. Une formation théorique et pratique sur le fonctionnement de Sat'Irr. L'objectif était de permettre aux équipes de TerraNIS composées à la fois d'agronomes, de spécialistes de la télédétection et d'informaticiens de monter en compétences sur le sujet et sur les outils utilisés.
2. Un déploiement de la solution dans l'environnement de travail de TerraNIS afin d'installer une première instance sur un serveur hébergé au sein de l'entreprise.
3. La définition d'une feuille de route partagée entre le Cesbio et TerraNIS afin définir les évolutions envisagées et les actions à mettre en place. Cette dernière étape a semblé essentielle afin de garantir le succès de ce transfert sur le moyen et long terme.

Développement et industrialisation

Suite à cette première étape, de nouveaux projets ont été mis en place à la fois au sein du Cesbio et de TerraNIS. Bien que les objectifs diffèrent avec des enjeux scientifiques, d'une part, et commerciaux, d'autre part, une étroite collaboration entre les acteurs semble essentielle pour garantir la pérennité de la coopération. Ainsi, le laboratoire se concentre principalement sur les améliorations à apporter notamment à travers une meilleure détection du stress hydrique par imagerie thermique et la détection des irrigations par imagerie radar. De son côté, TerraNIS se concentre sur l'industrialisation de l'outil et le développement de nouvelles fonctionnalités afin de répondre aux besoins spécifiques des utilisateurs. En parallèle de ces activités techniques, TerraNIS construit l'offre commerciale en développant le volet marketing. L'objectif visé par TerraNIS pour une commercialisation de l'outil à partir de 2021 après une saison de tests pré-opérationnels en 2020.

Le succès de ce transfert technologique a été rendu possible grâce à la proximité entre laboratoire du Cesbio et l'entreprise TerraNIS. Cette collaboration est une réelle opportunité pour acquérir, partager et valoriser des outils, des savoir-faire et des compétences complémentaires venant de la Recherche et de l'Industrie. ■

Guillaume RIEU (TerraNIS)
www.terranis.fr

CES Évapotranspiration
www.theia-land.fr/ceslist/ces-evapotranspiration/

TRISHNA : une mission à haute valeur scientifique

Le 22 juin 2020 s'est tenu, au Cnes, la première réunion du Groupe Mission (GM) TRISHNA (*Thermal infraRed Imaging Satellite for High-resolution Natural resource Assessment*). Elle regroupait près de 60 chercheurs en sciences de la terre, issus de nombreux organismes dont le Cerema, le CNRS, le Cnes, l'ESA, l'INRAE, l'IRD, l'OFB, l'Onera, Météo France, l'Ifremer ainsi que plusieurs Universités françaises et étrangères.

Une feuille de route ambitieuse

La mission TRISHNA est une coopération entre les agences spatiales française (Cnes) et indienne (ISRO). (► Lire Bulletin n°11) Elle est destinée à mesurer au moins 3 fois par semaine le signal infra-rouge thermique du système surface-atmosphère sur tout le globe, à 57 m de résolution pour les continents et l'océan côtier, et une résolution de 1 000 mètres sur le reste des surfaces océaniques. Les objectifs scientifiques qui ont guidé les spécifications de la mission sont le suivi de l'état hydrique des écosystèmes continentaux ainsi que le suivi des eaux côtières et continentales. À ces thèmes dits *design driver*, s'ajoutent d'autres thèmes tout aussi intéressants que sont l'étude des Milieux Urbains, la Cryosphère, l'Atmosphère et la Terre solide.



TRISHNA vue d'artiste. Copyright CNES/ISRO/ADS

► labo.obs-mip.fr/multitemp/trishna/

► www.cesbio.cnrs.fr/la-recherche/activites/missions-spatiales/trishna/

Le 5 mars dernier, le Conseil des Programmes Scientifiques (CPS) du Cnes confirmait la priorité haute de TRISHNA en tant que précurseur de Copernicus Land Surface Temperature Monitoring (LSTM), entérinant ainsi les conclusions du dernier Séminaire de Perspectives Scientifiques établies à l'aune des recommandations de la communauté scientifique Surfaces Continentales. Sur cet avis du CPS, le Conseil d'Administration du Cnes programmé le jour suivant, décidait du démarrage officiel des phases industrielles qui conduiront au lancement du satellite prévu en 2024 sur un lanceur indien.

Dans ce contexte, le GM TRISHNA se réunissait afin notamment d'élaborer la feuille de route du programme préparatoire de la mission d'ici son lancement. Après avoir parcouru l'actualité scientifique et programmatique du projet, les chercheurs du groupe ont passé en revue les questions scientifiques liées à chaque thème. Certains thèmes comme l'urbain et l'hydrologie ont également fait l'objet d'un zoom sur leurs dimensions applicatives aval. En complément de cette déclinaison thématique, les groupes transverses en charge de l'élaboration des produits, de leur étalonnage et de leur validation ont présenté leurs avancées sur la compréhension des principaux sujets liés à la physique des mesures thermiques TRISHNA : la séparation température/émissivité, la prise en compte des effets atmosphérique et directionnels et la dynamique haute fréquences des températures de surfaces.

L'engagement de Theia

Gageons que l'arrivée de TRISHNA dans le paysage programmatique favorisera la montée en puissance du CES Températures & Émissivité qui, au même titre que le CES Réflectance de Surfaces, pourra être utile à de nombreux CES thématiques comme, par exemple : l'évapotranspiration, l'urbain, la cryosphère, et utile à leur accompagnement vers le secteur aval, via le réseau des Animations Régionales de Theia (ART). ■

Philippe MAISONGRANDE (Cnes, responsable de programme), Jean-Louis ROUJEAN (PI), Philippe GAMET (Responsable produits), Corinne SALCEDO (responsable Système) & Thierry CARLIER (Chef de projet)

► CES Température de surface et émissivité

www.theia-land.fr/ceslist/

ces-temperature-de-surface-et-emissivite/

Vers un SMOS de deuxième génération à la résolution améliorée

La mission SMOS (ESA, Cnes), ainsi que les missions Aquarius et SMAP de la NASA qui ont suivi, ont montré l'intérêt de la radiométrie passive en bande L (1.4 GHz, 21 cm) pour mesurer l'humidité des sols et la salinité de surface de l'océan, applications primaires de ces missions. Depuis le lancement de SMOS en 2009, d'autres applications, aussi bien de recherche qu'opérationnelles, ont vu le jour. Ces applications concernent l'océan, les surfaces continentales et la cryosphère et, dans un grand nombre de cas, elles reposent essentiellement sur la radiométrie en bande L. Par exemple, les données SMOS fournissant les plus longues séries temporelles de mesures en bande L jouent un rôle central dans les programmes « Soil Moisture » et « Sea Surface Salinity » du Climate Change Initiative (CCI) de l'Agence Spatiale Européenne et contribuent au CCI « Biomass ».

L'humidité du sol SMOS est assimilée opérationnellement au Centre Européen de Prévisions Météorologiques à Moyen Terme. Elles sont aussi utilisées pour suivre l'épaisseur des

glaces de mer (fines) ou pour suivre le cycle Gel-Dégel aux hautes latitudes ainsi que les échanges de méthane. Cependant, la résolution de SMOS et de SMAP (~ 40 km) est un facteur limitant pour plusieurs applications et, notamment, en agriculture ou en hydrologie ainsi que pour l'étude des phénomènes de méso-échelle dans l'océan ou le suivi des processus en région côtières comme la fonte des calottes et les effluents de fleuves. Ces travaux, documentés dans une étude ESA sur la continuité des observations en bande-L ont démontré que nombre d'applications feraient un bond significatif si l'on bénéficiait de mesure à une résolution spatiale native de 10 km ou moins. Assurer la suite des observations en bande-L avec une résolution accrue d'au moins un facteur 4, par rapport à SMAP/SMOS est l'objectif de la mission SMOS-HR (Haute Résolution). ■

Nemesio RODRIGUEZ-FERNANDEZ, Yann KERR, Éric ANTERRIEU & François CABOT (Cesbio)

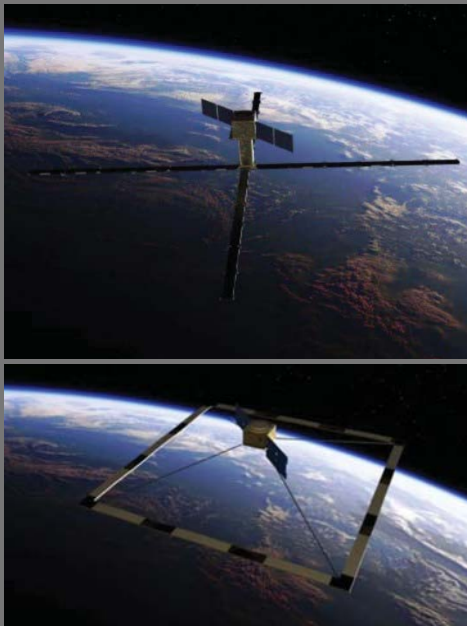
► www.cesbio.cnrs.fr/

La mission SMOS-HR

Le concept de SMOS-HR est un interféromètre connecté avec des lignes de base allant jusqu'à 17 m afin de fournir une résolution spatiale de l'ordre de 10 km. Environ 230 antennes seront placées le long d'une grande structure selon une méthode brevetée assurant une diminution du repliement des images (*aliasing*).

Pendant l'étude de Phase 0 au Cnes finalisée en 2019, deux structures ont été avancées par Airbus Defence and Space et le CESBIO : un carré de 12 mètres de côté et une croix de quatre bras de 12 mètres (Voir ci-contre). Des mécanismes de déploiement ont été trouvés pour les deux structures par ailleurs équivalentes en termes de reconstruction d'image. La configuration en croix a été retenue car elle comporte moins de risques.

SMOS-HR observera l'ensemble du globe



en moins de 3 jours avec une sensibilité au moins équivalente à SMOS/SMAP. SMOS-HR permettra de faire des mesures de la température de brillance en bande-L en mode polarimétrique et multi-angles d'incidence. Il comptera avec un système de filtrage d'interférences radio évolué qui profitera de l'expérience de SMAP et des nanosatellites ULID (*Unconnected L-band Interferometry Demonstrator*).

Le projet de mission SMOS-HR élargi avec des antennes placées dans des nanosatellites type ULID autour, pour augmenter encore plus la résolution, vient d'être accepté par le Cnes pour passer en Phase A.

Vues d'artiste de SMOS-HR en configuration croix (haut) et carré (bas). Images courtoisie Airbus Defence and Space.

Prêts pour Hydroweb-NG ?

La mission spatiale SWOT (*Surface Water Ocean Topography*) a pour objectif de mesurer avec une grande précision le niveau des océans et des eaux continentales (fleuves et rivières de plus de 100 m de large ; lacs, réservoirs et autres surfaces en eau de plus de (250x250) m². Fruit d'une coopération NASA/CNES, en partenariat avec l'Agence Spatiale Canadienne (CSA) et l'agence spatiale anglaise (UKSA), SWOT sera lancé en février 2022.

Cette nouvelle mission va ouvrir les portes à de nouvelles perspectives scientifiques, non seulement en océanographie mais aussi et surtout en hydrologie continentale. La mission SWOT doit en effet être considérée comme le précurseur, en tant que démonstrateur scientifique, d'une série de satellites opérationnels qui vont contribuer, aux côtés des Sentinel Copernicus notamment, à développer un nouveau secteur d'activités.

Un système national de produits hydrologiques

Le caractère innovant de cette mission, associé aux enjeux économiques et stratégiques liés à la gestion des ressources en eau, a amené le gouvernement français à approuver l'inscription de SWOT dans le Plan d'Investissement d'Avenir (PIA) afin de positionner l'industrie française sur ce secteur porteur.

Pour répondre aux engagements PIA, le CNES a mis en place un programme d'accompagnement, le programme SWOT-aval, visant à élaborer des produits adaptés aux besoins utilisateurs s'intégrant dans des services existants ou à venir, mais aussi à préparer les acteurs de l'eau à l'utilisation de ces nouvelles données issues du spatial.

Au travers d'Hydroweb-NG, l'objectif est de mettre en place un système national de produits hydrologiques qui a pour objectifs :

- la distribution des produits SWOT HR (produits hydrologiques),
- l'élaboration opérationnelle de produits de niveau 3 (hauteurs d'eau multi-satellites) et niveau 4 (incluant des modèles ou données exogènes) pour l'hydrologie,
- archivage, distribution et services utilisateurs avec notamment la création d'une base de données spatialisées sur l'eau.

Cela se veut donc, à terme, être le portail d'accès aux données spatiales sur l'eau et l'hydrologie. Hydroweb-NG est destiné à un large public (scientifique, institutionnel, privé) avec des premières couches d'information telles que : les MNT / MNS, les

hauteurs d'eau, les surfaces en eau, les précipitations, l'humidité des sols, la neige, la qualité et température de l'eau, les variations de stock d'eau souterraine, l'occupation des sols.

Les premiers développements d'Hydroweb-NG vont commencer en fin 2020. ■

Flavien GOUILLON (Cnes)
Chef de projet Hydroweb-NG

Des produits SWOT pour l'hydrologie continentale et l'océanographie.

Hydroweb-NG se situe dans le contexte spécifique de distribution et de services utilisateurs du programme SWOT-aval en hydrologie continentale. Il propose de créer une « base de données spatialisées sur l'eau » mettant notamment la priorité sur les données haute résolution (HR) de la mission SWOT dont Hydroweb-NG est le seul point d'accès français. Hydroweb-NG constitue donc une infrastructure de donnée de service de Theia, qui va permettre un accès facilité à un ensemble de produits hydrologiques (multi-capteurs satellite, données in-situ, modèle numérique) ainsi que toutes les données de capteurs utiles pour la thématique.

Pour sa partie fonctionnelle, Hydroweb-NG est doté d'un métacatalogue qui agrège toutes les données géolocalisées comme les mesures mono-dates ou moyennées, les données satellites avec à la fois des produits « missions » (e.g. SWOT) et des produits à valeur ajoutée, des données in-situ, des données images, et des données vectorielles. Sur la base de ce métacatalogue, Hydroweb-NG offre une série de services à l'utilisateur : la visualisation, combinaison et récupération des données du système. Il propose également des services et des outils de développement type « bac à sable » aux utilisateurs, avec un accès aux produits du système sur les ressources du centre de calcul du Cnes (calcul, stockage).

Hydroweb-NG possède aussi un centre de production pour mettre en œuvre des chaînes de traitements activables de façon systématique (au flot, en mode retraitement) ou à la demande, avec un objectif de production à terme de couverture mondiale. Enfin, Hydroweb-NG bénéficie d'un système d'hypervision pour assurer l'opérabilité et l'exploitation du système.

« Le transfert, enjeu crucial pour gagner la confiance et l'adhésion des utilisateurs, atout indispensable pour répondre collectivement aux enjeux sociétaux à venir »

Quand et pourquoi vous êtes-vous engagée dans Theia ? Qu'est-ce qui vous motive à vous impliquer dans une structure telle que Theia ?

Valérie Demarez : Mon engagement dans Theia trouve son origine dans le projet Maïseo auquel j'ai participé de 2012 à 2017 en collaboration avec la Compagnie d'Aménagement des Coteaux de Gascogne (► www.pole-eau.com/Les-Projets/Projets-innovation-finances/MAISEO). J'ai découvert, en participant à ce projet, que les gestionnaires de l'eau, en France, n'avaient aucune connaissance des surfaces irriguées sur leur territoire. Mon objectif dans ce projet était donc de démontrer que les images de télédétection à haute résolution spatiale et temporelle (HRST) pouvaient permettre de détecter les cultures irriguées sur de grandes surfaces (6500 km² pour le bassin versant de la Neste).

À cette époque, je participais également à l'Unité Mixte Technologique Eau (► www6.toulouse.inrae.fr/agir/L-unite/Partenariats-R-D/UMT-EAU) en collaboration avec l'INRA d'Auzeville et les Organismes Uniques de gestion de l'Eau (OUG) des bassins Tarn-Aval et Adour-Amont. Cette UMT a permis de mettre en lumière les besoins des OUG qui recoupaient ceux de la CACG, à savoir le besoin de méthodes et d'outils permettant de quantifier les surfaces et les volumes irrigués sur leurs territoires.

L'émergence de ces besoins, relativement récents en France, s'expliquent par le recours à des restrictions d'eau de plus en plus fréquent. En 2019, par exemple, des arrêtés de restrictions d'eau ont été pris au sein de 88 départements ! La raréfaction de la ressource en eau va s'aggraver suite au réchauffement climatique et à la pression démographique, en France comme dans de nombreux autres pays qui sont déjà dans des situations d'extrême urgence comme en Inde, en Afrique, ou en Australie. C'est cette nécessité à apporter des réponses concrètes aux enjeux liés à la gestion de la ressource en eau qui m'a conduit à proposer le CES Irrigation.

Comment se fait l'articulation entre votre travail de chercheuse et les actions menées au sein de Theia ?

Valérie Demarez : Le pôle Theia permet de définir un cadre formel au sein duquel nous organisons des échanges entre scientifiques et utilisateurs (gestionnaires, agriculteurs) qui font évoluer nos objectifs et nos méthodes. Par exemple, ce CES était initialement focalisé sur l'évaluation des surfaces irriguées mais suite à ces échanges, les chercheurs ont proposé d'étendre l'ob-



Entretien avec Valérie DEMAREZ

Maîtresse de conférence et chercheuse à l'Université Paul Sabatier (laboratoire Cesbio, Toulouse III)

Animatrice du CES Irrigation
► www.theia-land.fr/ceslist/ces-irrigation/

jectif de ce CES à l'estimation des besoins et des consommations en eau des cultures. Ce CES m'a conduit à collaborer avec des chercheurs d'autres laboratoires qui développent des méthodes complémentaires et qui partagent un objectif commun : développer des méthodes robustes déployables sur n'importe quel territoire ou pays. C'est un enjeu de taille qui nécessite la mise en commun d'idées et de méthodes qui est facilitée par le CES.

Il me semble important de rappeler que le pôle Theia permet également d'avoir accès à des produits satellitaires prétraités, à forte valeur ajoutée. La mise à disposition de données prétraitées permet au chercheur de se centrer sur ses recherches plutôt que sur le prétraitement des images. Il s'agit d'une avancée considérable pour le travail des chercheurs et une aide à la diffusion de leurs méthodes.

Quels sont selon vous les principaux défis à relever par Theia ?

Valérie Demarez : Un des freins au développement de nos méthodes est la faible disponibilité des données in-situ nécessaires à la validation de nos approches. Les chercheurs dépensent beaucoup de temps et d'énergie à collecter eux-mêmes ces données ou à établir des conventions pour les récupérer. En France, certaines bases de données seraient fort utiles aux chercheurs mais elles sont inaccessibles pour des raisons de confidentialité. L'accès aux données ainsi que leur niveau de qualité varient selon les pays. Ce sont des difficultés auxquelles les chercheurs doivent faire face. Le pôle Theia pourrait permettre de faciliter l'accès aux données in-situ collectées par les organismes propriétaires.

L'utilisation des images satellitaires connaît un essor considérable grâce aux récentes missions spatiales et l'existence de structures de mise à disposition des données telle que le pôle Theia. Toutefois, il manque souvent le maillon permettant d'assurer le transfert des méthodes et des outils développés au sein des laboratoires vers les utilisateurs scientifiques ou non. Le pôle Theia a, à mon avis, un rôle majeur à jouer ici. Le transfert est un enjeu crucial pour gagner la confiance des utilisateurs dont l'adhésion et le soutien sont indispensables pour répondre collectivement aux enjeux sociétaux à venir.



Animation et médiation, des outils-clés pour la diffusion des usages du spatial

Vous êtes la directrice d'OPenIG qui participe activement à l'animation de l'ART Occitanie. Qu'est-ce qui motive l'engagement de votre structure dans Theia ?

Anne Fromage-Mariette : OPenIG est l'association loi 1901 qui, en Occitanie, porte la plateforme régionale d'information géographique. Nos adhérents sont issus pour deux tiers des collectivités et intercommunalités. Le reste est composé d'organismes de recherche, d'organismes privés (start-ups ou grandes entreprises), de parcs naturels, d'associations, voire de personnes physiques. Ces adhérents très variés partagent un intérêt pour l'information géographique au sens large. Ils attendent de l'aide pour accéder aux données (des données classiques de l'IGN jusqu'aux données satellitaires), mais aussi de l'expertise à la fois des six salariés d'OPenIG et des autres adhérents de l'association. Ces échanges se font au sein de groupes de travail qui peuvent porter autant sur la veille de solutions thématiques que sur de l'accompagnement technique. C'est notamment durant les phases de veille que la sensibilisation aux solutions satellitaires et aux avancées de la recherche est possible. OPenIG a la chance d'être hébergée à la Maison de la télédétection à Montpellier et de baigner dans un très riche écosystème de chercheurs, de doctorants, de post-docs et ingénieurs qui lui permet de faire facilement ce pont.

Le projet associatif d'OPenIG 2019-2023 s'organise autour de six grands axes. Deux – l'accompagnement de projets ainsi que la formation et la sensibilisation des adhérents – sont particulièrement compatibles avec l'animation de l'ART Occitanie. Un partenariat avec le Cnes nous donne des moyens supplémentaires pour renforcer notre participation à cette animation en 2020 et en 2021. Un des moments forts de cet engagement sera l'organisation de l'AppSpace 2020 – les produits du spatial au service des territoires – le 17 septembre au Corum de Montpellier (► lire p.1).



Entretien avec
Anne FROMAGE-MARIETTE

Directrice d'OPenIG, structure co-animatrice de l'ART Occitanie

OPenIG

► www.openig.org

ART Occitanie

► www.theia-land.fr/artlist/art-occitanie

Une question récurrente des collectivités territoriales est de bien comprendre quoi attendre de la recherche et des entreprises en matière de satellitaire. Comment OPenIG définit-elle son rôle de médiation entre ces acteurs ?

Anne Fromage-Mariette : Ces trois pôles recouvrent une grande diversité d'acteurs et de besoins. Dans de grandes collectivités, on peut avoir un spécialiste des produits satellitaires ; aucun dans d'autres. OPenIG travaille d'abord à diffuser les connaissances. Notre site Internet met en avant les produits que nous pensons les plus pertinents et faciles à mettre en œuvre ; il proposera prochainement un accompagnement (tutoriel, critères de choix etc.) et valorisera des exemples concrets de mise en œuvre. En retour, OPenIG transmet les besoins et les expériences de terrain vers les producteurs

de données nationaux et les chercheurs. Notre infrastructure de données peut également diffuser des produits tests afin que des adhérents puissent donner leurs retours positifs ou négatifs. Elle met aussi en avant des travaux de chercheurs pour les faire connaître et susciter des envies et l'expression de besoins plus précis. OPenIG a contribué à la production de plusieurs thèses dont les résultats sont actuellement opérationnels.

Quels sont pour vous les enjeux du satellitaire aujourd'hui et le rôle de Theia dans ce contexte ?

Anne Fromage-Mariette : L'animation et la médiation sont des outils-clés pour la diffusion des usages du spatial, mais qui manquent souvent de moyens humains et financiers. Il n'y a malheureusement pas tant de personnes en France qui sont au courant de ce qui se fait dans les CES de Theia. Le produit Theia Occupation du Sol, par exemple, peut répondre pour un coût réduit à certains besoins (en complément de ceux couverts par les occupations du sol issues de photos aériennes) mais il reste à accompagner la prise en main de ce type de produits par un SIGiste moyen. Et il reste de nombreux besoins des utilisateurs dans les collectivités qui ne sont pas couverts par des produits accessibles. De grands chantiers en perspective.

Bulletin Theia

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

Conception - réalisation : I. Biagiotti (Theia)

Ont contribué à ce numéro : E. Anterrieu, N. Baghdadi, F. de Blomac, F. Cabot, T. Carlier, E. Ceschia, S. Debard, V. Demarez, M. Despinoy, J.-F. Faure, A. Fromage-Mariette, P. Gamet, F. Guillon, J. Inglada, M. Jagaille, Y. Kerr, E. Ladurelle-Tikry, A. Lombard, P. Maisongrande, J. Massenet, A. Rabatel, S. Riazanoff, G. Rieu, N. Rodriguez-Fernandez, J.-L. Roujeau, C. Salcedo, A. Sellé

Nous suivre :

► www.theia-land.fr | ► @PoleTheia | ► [linkedin.com/company/pole-theia](https://www.linkedin.com/company/pole-theia)

