BULLETIN

Données et services pour les surfaces continentales

n° 16 - Février 2022

Sommaire

- Actus 1
- Produits & CES 7
- Expertise privée 14
- Paroles de Theia 15

Mot des directeurs scientifique & technique

L'année 2022 marque une transition pour Theia avec le départ de Nicolas Baghdadi qui a su, grâce à sa très grande implication et à son leadership, mettre en place le pôle et le développer jusqu'à son stade actuel, comme en témoignent ces pages : un réseau dynamique, transversale à de nombreuses thématiques des surfaces continentales, à l'interface entre la recherche innovante et les utilisateurs.

Le processus de recrutement étant aujourd'hui achevé, nous avons le plaisir d'accueillir, à sa suite, Anne Puissant, de longues dates déjà impliquée dans Theia via les CES et les ART. Elle prendra pleinement ses fonctions de direction scientifique d'ici le printemps. Nous aurons le temps de lui ouvrir ces pages pour présenter ses projets. En 2022, les défis ne vont pas manquer. Theia devra se préparer pour traiter les données des nouvelles missions (SWOT, Trishna), prendre sa place dans les grands projets structurants, comme Terra Forma ou GAIA Data, et continuer son travail d'animation scientifique et de mobilisation dans les territoires.

Cette édition du Bulletin présente de nouveaux services, produits et méthodes importants : calcul à la demande de MNS, données thermiques pour les villes, mesure de la déforestation tropicale, estimation de réservoirs hydrologiques, propriétés des sols, vitesse d'écoulement et épaisseur de glace, qui tous apportent des éléments de réponse aux grands défis environnementaux de notre monde. De quoi tirer l'énergie et la confiance nécessaires pour aller de l'avant. ■

Actus

12 mai 2022 : une journée dédiée au suivi des zones irriguées

Dans la continuité des ateliers thématiques Forêt et Qualité des eaux proposés à l'automne, le pôle Theia organise, le 12 mai 2022 sur le campus de l'Institut Agro Montpellier, une journée dédiée cette fois à l'utilisation de la télédétection pour les zones irriguées.

La question du suivi de l'irrigation et de la gestion de l'eau dans le contexte agricole constitue un défi environnemental majeur mobilisant des acteurs variés : agences de l'eau, gestionnaires d'aménagements hydroagricoles, collectivités territoriales, chambres d'agriculture, coopératives, etc., ainsi que la communauté scientifique développant des méthodes pour y répondre. Alors que la production agricole a de plus en plus recours à l'irrigation, les changements climatiques en cours augmentent la fréquence des sécheresses, imposant à tous d'élaborer des méthodes de suivi et d'optimisation de la consommation en eau de l'agriculture. Depuis dix ans, la France voit ainsi chaque année de nombreux départements recourir aux restrictions d'eau, notamment pour l'agriculture. En 2020, un record a été atteint avec 80 départements soumis à des arrêtés sècheresse. La télédétection, notamment grâce aux données Sentinel, peut contribuer à construire des réponses à ce défi. Les images satellitaires disponibles aujourd'hui offrent de hautes résolutions spatiales (10 m) et temporelle (5 jours avec les capteurs optiques S2 et entre 15 et 20 images par mois avec les capteurs radar S1), disponibles en temps quasi-réel en tout point du globe.

Programme et inscription :
www.theia-land.fr/irrigation2022-inscription

La journée, ouverte à tous (publics et privés), se concentrera sur les outils et les indicateurs opérationnels disponibles et utiles aux acteurs pour réaliser un diagnostic objectif et reproductible de leur territoire, et d'identifier des stratégies d'adaptation pertinentes. Elle donnera l'occasion aux acteurs de terrain de témoigner de leurs expériences et de leurs besoins et d'échanger avec les équipes de recherche travaillant dans le domaine.

L'atelier, conçu en présentiel, est organisé autour des produits et des communautés des CES Theia Irrigation et Humidité du sol à Très Haute Résolution Spatiale et en partenariat avec le CNES, l'INRAE et l'Institut Agro. A ce titre, les UMR Cesbio, Tetis, G-eau et Emmah s'associent à cet événement qui fait suite à l'atelier organisé à Toulouse en 2018. Comme les ateliers thématiques précédents, cette initiative bénéficie du soutien financier du dispositif européen FPCUP — Framework Programme Agreement on Copernicus User Uptake — dédié à la promotion de l'utilisation des données Sentinel. ■

Comité scientifique : Nicolas BAGHDADI & Dominique COURAULT, INRAE, Valérie DEMAREZ, CESBIO - Gilles BELAUD, G-EAU

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

CES Humidité du sol à Très Haute Résolution Spatiale
► www.theia-land.fr/ceslist/ces-humidite-du-sol-a-tres-haute-resolution-spatiale

TRISHNA, premier workshop scientifique en mars 2022

Du 22 au 24 mars 2022, le premier atelier international TRISHNA constituera une étape-clé pour converger sur le plan scientifique et instaurer une meilleure coordination entre les partenaires du programme. L'atelier se tiendra en format hybride (présentiel et distanciel).

L'objectif est de rassembler toutes les personnes impliquées et intéressées par la science et les applications auxquelles la mission Trishna contribuera : les contributeurs à la conception de la mission ou à l'élaboration des produits et les utilisateurs potentiels. Le workshop sera ainsi une étape déterminante sur le plan scientifique, y compris les activités CAL/VAL, les algorithmes scientifiques pour le traitement des données ou la définition des produits.

Les discussions et les échanges porteront sur trois grands axes importants pour la mission : le contexte international, les produits et leurs applications associées.

Trishna dans le contexte international :

Toutes les discussions au sein de l'atelier seront considérées en synergie avec les futures missions opérationnelles à haute résolution et à haute capacité de revisite dans l'infrarouge thermique (Trishna, LSTM de Copernicus, SBG de la NASA), et sur la base de l'expérience acquise avec les missions pionnières (LANDSAT, ASTER, ECOSTRESS).

La mission TRISHNA

Le suivi précis du cycle de l'eau à la surface de la Terre devient extrêmement important dans le contexte du changement climatique et de la croissance démographique. Il fournit également des informations précieuses pour un certain nombre d'applications pratiques : agriculture, évaluation de la qualité des sols et de l'eau, irrigation et gestion des ressources en eau, etc. Il nécessite des mesures de la température de surface à l'échelle locale.

Tel est l'objectif de la mission franco-indienne TRISHNA (Thermal infraRed Imaging Satellite for High-resolution Natural resource Assessment), menée par l'ISRO et le CNES. Le satellite sera lancé en 2025.

La température de surface et sa dynamique sont des indicateurs précis de l'évaporation de l'eau des sols, de la transpiration des plantes et du climat local.

Trishna et ses fréquentes mesures à haute résolution soulèvent des questions scientifiques, économiques et sociétales majeures à travers les six thèmes que la mission aborde sous l'angle de la recherche et du développement d'applications : stress des écosystèmes et utilisation de l'eau, eaux côtières et intérieures, surveillance du climat urbain, cryosphère, Terre solide, atmosphère.

TRISHNA
Science and Applications

L'élaboration des produits et étalonnage/validation

- La définition des produits scientifiques et des variables Trishna
- Les exigences et contraintes pour la distribution des produits aux utilisateurs.
- L'élaboration des produits, par la rédaction des documents décrivants les algorithmes
- Les activités de calibrage et de validation

Les thèmes scientifiques et les applications associées

- Le stress des écosystèmes et l'utilisation de l'eau (progrès dans l'assimilation de la température de la surface terrestre ou de l'évapotranspiration dans les modèles hydrologiques)
- Les eaux côtières et intérieures
- Le suivi du climat urbain
- La cryosphère
- La Terre solide
- L'atmosphère

Toutes les informations et les modalités de participation sont disponibles sur le site dédié aux journées ► www.trishnadays.com ■

Thierry CARLIER,
chef de projet Trishna CNES

Philippe GAMET,
responsable scientifique projet CESBIO/CNES

Jean-Louis ROUJEAN,
principal investigator français CESBIO

Philippe MAISONGRANDE,
responsable programmes biosphère continentale CNES

Delphine LEROUX,
responsable préparation aval Trishna CNES

Bimal K. BHATTACHARYA,
principal investigator indien ISRO/SAC

12 avril 2022 | Lancement du projet ESR/Equipex+ GAIA Data

Accéder de manière transparente à un continuum d'infrastructures interopérables de données et de services distribuées permettant le croisement, l'analyse et la diffusion est devenu un enjeu pour les sciences du système Terre.

Porté par les trois E-Infrastructures du domaine système Terre et environnement - DATA TERRA, CLIMERI-France, PNDB - et impliquant 21 partenaires, GAIA Data a pour objectif de développer une infrastructure de données et de services pour l'observation, la modélisation et la compréhension intégrée du système Terre, de la biodiversité et de l'environnement.

Le projet répond aux enjeux scientifiques d'approches multidisciplinaires et multi-échelles du système Terre, impliquant les composantes atmosphère, océans, surfaces continentales, terre interne, biodiversité et leurs interactions.

Gérer tout le cycle de la donnée

Le dispositif, basé sur des centres de données et services interconnectés à très haut débit, permettra de gérer l'ensemble du cycle de la donnée et d'accéder de manière transparente à des données multi-sources, d'extraire et de les combiner afin de développer des produits et des usages intelligents adaptés aux besoins des communautés scientifiques.

La réunion de lancement du projet GAIA Data aura lieu le 12 avril 2022 au Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris, en présence de Claire Giry, Directrice générale de la recherche et de l'innovation au MESRI et des dirigeants des principaux organismes partenaires.

Une date à noter dès maintenant dans les agendas ■

Sandrine DALMAR, IRD, chargée de mission GAIA Data

Trois Infrastructures de recherche (IR) portent le projet GAIA Data :

Data Terra, ses quatre pôles de données thématiques et le mécanisme d'acquisition d'images, Dinamis
►www.data-terra.org

Climeri-France, Infrastructure nationale de modélisation du système climatique de la Terre
►climeri-france.fr

Le Pôle National pour la Diversité Biologique (PNDB), un pôle de données au service des scientifiques produisant, gérant et analysant des données de biodiversité
►www.pndb.fr

Le projet implique 21 partenaires : CNRS (coordination), CNES, IRD, INRAE, MNHN, IFREMER, BRGM, Sorbonne Université, Météo France, IGN, CEA, IPGP, CINES, Université Grenoble-Alpes, Université de Lille, Université Toulouse-III-Paul-Sabatier, Université de Strasbourg, SHOM, OCA, FRB, CERFACS.

Budget : 62 M€ sur 8 ans, dont 16,16 M€ d'aide MESRI/PIA3 dans le cadre du programme ANR/EQUIPEX+ "Equipements Structurants de la Recherche" ; 560 ETP mobilisés.

Le jury international du programme EQUIPEX+/ESR a sélectionné 50 dossiers, pour une enveloppe globale de 422 M€. Le projet GAIA fait partie des 18 projets classés A+.

7 au 10 mars 2022 | Des journées et un prix pour la zone critique

Les 6e journées de l'infrastructure de recherche (IR) OZCAR se tiennent du lundi 7 au jeudi 10 mars 2022, en Ardèche. L'IR OZCAR développe le Système d'Information Theia|OZCAR, dont l'objectif est de donner accès à l'ensemble des données in-situ d'observation des surfaces continentales collectées par les organismes de recherche français et leurs partenaires en France et à l'étranger.

Comme à chacune de ces rencontres, des grands témoins viendront présenter les dernières avancées de recherche sur la compréhension du fonctionnement de la zone critique avec, cette année, un focus sur le lien entre transport de sédiments et de contaminants.

Cette rencontre sera l'occasion de faire un point sur l'état d'avancement des activités (*work-packages*) de l'IR OZCAR et de présenter les nouveaux projets en réponse à l'appel à projets thèmes transverses lancé le 21 novembre 2021.

Prix OZCAR 2021 remis à Virginie Sellier pour l'article « Reconstructing the impact of nickel mining activities on sediment supply to the rivers and the lagoon of South Pacific Islands: lessons learnt from the Thio early mining site (New Caledonia) »
►doi.org/10.1016/j.geomorph.2020.107459

Un prix mettant à l'honneur des jeunes chercheurs de la zone critique

La 4e cérémonie des OZCAR durant ces journées permettra de récompenser un(e) jeune chercheur(e) pour ses travaux sur la zone critique, illustrant l'approche intégrée, pluridisciplinaire que le concept de zone critique veut promouvoir. La pluridisciplinarité peut aussi s'étendre aux aspects socioécologiques. Elle peut associer plusieurs observatoires ou plusieurs disciplines ou les deux.

Le prix vise à encourager un.e jeune chercheur.euse (moins de 8 ans après la thèse), premier.e auteur.e de l'article. Ce ou cette jeune chercheur.euse se verra attribuer, outre l'OZCAR du ou de la critical-zoniste de l'année, une somme de 2000 à 3000 euros pour mener à bien des recherches en science de la zone critique. Les candidatures seront examinées par les lauréats des années précédentes (2019, 2020, 2021). ■

Plus d'information sur l'IR OZCAR
►**www.ozcar-ri.org/**

TERRA FORMA, l'observatoire intelligent des territoires à l'heure de l'Anthropocène, est lancé

Le projet Equipex+ TERRA FORMA « Concevoir et tester l'observatoire intelligent des territoires à l'heure de l'Anthropocène » a été lancé officiellement le 24 janvier 2022 en visio-conférence. Le projet vise à concevoir et déployer, sur différents territoires, un réseau dense de capteurs environnement pour mieux comprendre les changements environnementaux en cours et s'y adapter. Ces capteurs innovants seront connectés à des centres de données, *via* des réseaux de communication sans fil. Les acteurs des territoires seront activement associés à la démarche.

Ce projet est porté par les Infrastructures de recherche OZCAR et RZA. Après une première phase de 3-4 ans de développement des capteurs et des infrastructures de communication, l'ensemble des dispositifs seront installés sur trois sites pilotes pour affiner les dispositifs durant deux ans. En fin de projet dans huit ans, il est prévu de les déployer sur une douzaine de sites supplémentaires. Les sites de tests et de déploiement seront des sites des IR OZCAR et RZA.

Définir les bons outils

Le séminaire de lancement a permis de présenter les grandes lignes du projet et son organisation. Deux grands témoins ont introduit les tables rondes. Frédérique Aït-Touati a présenté le livre *Terra Forma,* qui a donné son nom au projet, en introduction d'une table ronde cherchant à répondre à la question « Observer l'anthropocène : la science a-t-elle les bons outils ? ». Gaël Musquet, hacker éthique a présenté son travail sur « l'empouvoirement des personnes grâce aux nouvelles technologies » qui a introduit la seconde table ronde qui s'interrogeait sur « Observer l'anthropocène par une science participative et ouverte ? ».

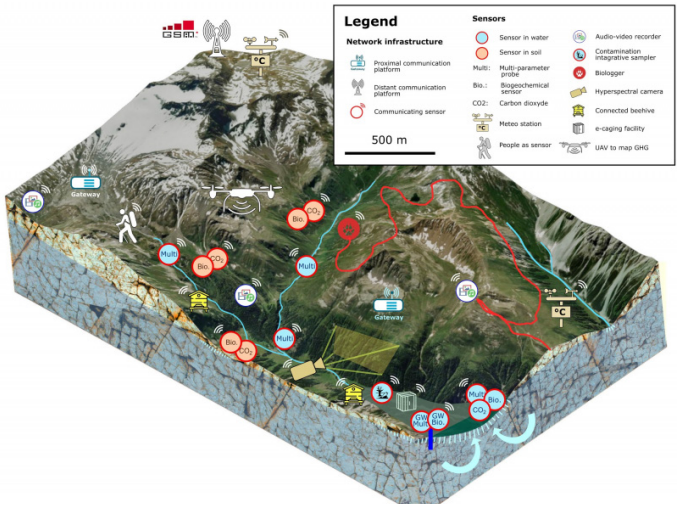


Illustration schématique de ce que pourrait être un observatoire TERRA FORMA, un site combinant capteurs fixes et mobiles communicants et plateformes de communication.© Virginie Girard, Laurent Longuevergne, Arnaud Elger

TERRA FORMA s'appuiera sur le projet GAIA Data (► Lire p.3), dans lequel l'IR Data Terra est fortement impliquée. La mise en œuvre de la chaine d'acquisition et de traitement des données de Terra Forma pourra ainsi constituer un cas d'utilisation pour GAIA Data. ■

Isabelle BRAUD

En savoir plus :
► terra-forma.cnrs.fr

ART GeoDEV Nouvelle Calédonie : demandez le programme 2022 !

L'édition 2021 de l'OSS-NC a été une première en termes de visibilité régionale de la communauté THEIA (► Lire Bulletin n°15). Pour 2022, il s'agira d'asseoir le positionnement de l'ART du Pacifique avec non plus une plénière régionale, mais avec l'objectif d'initier et de coorganiser le plus gros évènement jamais tenu sur un territoire insulaire de la région ! #ChallengeAccepted

L'ART GeoDEV NC s'est ainsi mis en ordre de marche avec une première série de discussions permettant de dimensionner globalement l'évènement et de faire un 1er tour d'horizon des partenaires potentiels.

Une semaine entière et un rayonnement régional

Il serait ainsi question cette année d'étendre l'évènement à une semaine pleine, de faire éventuellement le lien avec la conférence régionale annuelle GIS&RS des îles du Pacifique et, surtout, d'intégrer une notion de développement mutuel des territoires en matière de SIG et de télédétection, avec notamment un renforcement des collaborations au sein du Pacifique Sud par des projets thématiques structurants facilitant le transfert de compétences et la mutualisation des moyens. Un vaste programme qui n'est encore qu'à l'état de réflexions et qui devrait être consolidé dans le prochains mois. Un tel évènement pourrait se tenir au mois de novembre 2022, même si tous les détails restent à définir en fonction des discussions à tenir ces prochains mois avec le tour de table des parties prenantes.

L'heure est ainsi toujours au recensement des potentiels partenaires, soutiens, idées et visions au profit de la région ; n'hésitez pas à contacter directement l'ART GeoDEV NC si le sujet vous intéresse et que vous souhaitez faire partie de la 'task force OSS 2022' ! ■

Jean MASSENET, INSIGHT
Marc DESPINOY, IRD
& Anne ROUAULT
Université Nouvelle-Calédonie

Animateurs de l'ART GeoDEV Nouvelle-Calédonie
► www.theia-land.fr/artlist/art-geodev-nouvelle-caledonie/

OSS NC
OBSERVATION SPATIALE AU SERVICE DE LA NOUVELLE-CALÉDONIE

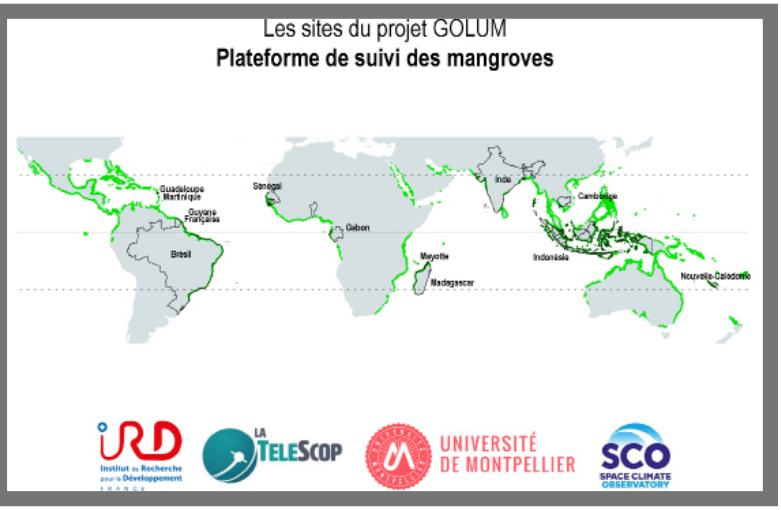
Retrouvez toutes les informations sur l'édition 2021 sur le site ► oss.nc

Contributeur actif du projet GOLUM sur les mangroves

Dans le cadre du projet GOLUM[1], l'UMR Espace-Dev, en collaboration avec La Telescop, travaille actuellement sur le développement d'une plateforme web, labélisée par le SCO, de services opérationnels dédiée au suivi des mangroves. Cette plateforme, connectée au flux d'imageries Sentinel-2, donnera un accès universel aux informations passées et en temps quasi réel sur les changements spatiaux des mangroves et le suivi d'indices de végétation caractérisant la structure et le fonctionnement de cet écosystème. Elle permettra de produire, cataloguer et diffuser des jeux d'informations environnementales qualifiées utiles aux scientifiques comme aux acteurs nationaux et locaux de l'aménagement, de la préservation et de la gestion des territoires.

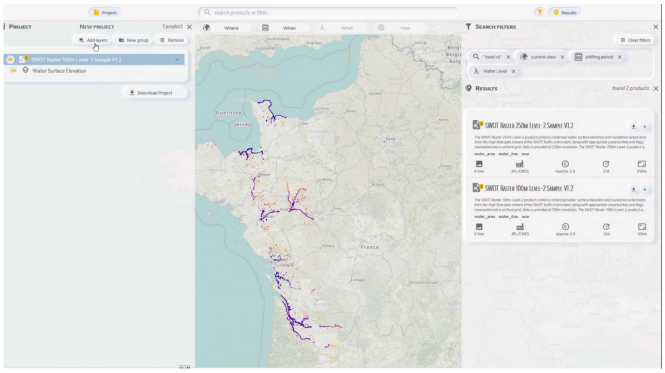
Pierre Audisio, Volontaire Service Civique, travaillera au sein de l'UMR ESPACE-Dev Nouvelle-Calédonie pour une durée de 12 mois (renouvelable une fois) sur ce projet. Ses activités seront centrées sur la mise en place d'une plateforme de télédétection avec une application à partir d'image Sentinel sur l'observation de la mangrove en Nouvelle-Calédonie. Il s'agira de mettre en place, de tester et de valider le prototype développé sur Madagascar dans le cadre de l'observatoire de la mangrove.

[1] GOLUM : Global Observation of the Land-sea interface: end-User Mangrove Monitoring services.



hydroweb.next : quasiment prêt pour SWOT

hydroweb.next est le portail web hydrologique du pôle thématique surface continentale THEIA. Ce portail, financé dans un premier temps par le programme préparatoire SWOT-Aval puis par THEIA, s'attache à faciliter l'accès aux données hydrologiques multi-capteurs et multi-sources (i.e. in-situ, modèle, satellite). L'objectif est donc de centraliser un maximum de données hydrologiques et de disposer de fonctionnalités avancées, notamment pour rechercher, comparer, extraire et manipuler ces données.



A noter, hydroweb.next sera un des deux portails, avec celui du Jet Propulsion Laboratory (JPL) de la NASA, à diffuser les données hydrologiques de la mission SWOT, dont le lancement est prévu en décembre prochain.

Ergonomique, intuitif, construit avec les utilisateurs

Le développement d'hydroweb.next a commencé depuis un peu moins d'un an. Grâce à la collaboration de nombreux utilisateurs, hydroweb.next offre aujourd'hui une interface ergonomique et intuitive. Elle permet déjà de rechercher, visualiser et télécharger un certain nombre de données dont les données simulées SWOT.

L'objectif est d'avoir une première ouverture du portail pour des beta-testeurs en mars 2022. Cela servira notamment à récolter des retours utilisateurs pour encore améliorer hydroweb.next. Une ouverture plus large est programmée pour la mi-année 2022. ■

Flavien GOUILLON & Lionel ZAWADZKI
CNES

Un aperçu de l'interface à venir d'hydroweb.next

Pour nous contacter et participer au développement : hydroweb-ng@cnes.fr

HYMOTEP : Produire pour l'hydrologie, mais pas seulement

Un centre de production pour l'hydrologie au sein de Theia se construit : HYMOTEP, pour HYsope II Mise en Œuvre des Traitements Et Production.

Ce centre a pour objectif principal de réaliser les plans de production hydrologiques du pôle de données surface continentale Theia. Il doit aussi, à terme, proposer une solution de remplacement à l'atelier de production de Muscate qui réalise les plans de production des autres thématiques de THEIA.

HYMOTEP permettra une production au fil de l'eau des produits pour l'hydologie continentale (i.e. l'acquisition des données d'entrées,activation des chaînes scientifiques et, et mise à disposition des produits générés pour leur diffusion, ensuite, sur le portail hydroweb.next. Le centre accueillera des produits issus de chaînes hydrologiques telles que LIS (Neige), SurfWater (Surface en eau) et Obs2Co (Qualité/température de l'eau), ainsi que les chaînes amont nécessaires à ces productions (S1-tiling, MAJA). L'objectif est d'aller vers une couverture continentale pour répondre aux besoins de CAL/VAL de certaines missions futures dont SWOT.

Pour nous contacter et en savoir plus :
hydroweb-ng@cnes.fr

Des objectifs de production ambiteux pour l'année qui vient

Le développement d'HYMOTEP a commencé depuis octobre 2021. Il permet aujourd'hui de générer au fil de l'eau sur des zones bien définies des produits de la chaîne LIS et bientôt SurfWater. L'objectif est d'avoir le fil de l'eau sur l'ensemble des chaînes citées à l'été 2022, avec une supervision active par les exploitants des activités de production et des métriques consolidées sur la disponibilité d'HYMOTEP. ■

Flavien GOUILLON
CNES

Modéliser les mouvements de bovins pour prévenir des maladies

La thèse de Florent Rumiano, intitulée : T*he combined use of remote sensing ans spatial modelling for animal movement: Application to the study of wildlife/livestock contacts and the risk of pathogen transmission in Southern Africa,* a été soutenue le 6 décembre 2021 à la Maison de la Télédétection, Montpellier. Cette thèse s'inscrit dans le cadre des activités de recherche du Centre d'Expertise Scientifique (CES) Theia "Risques Maladies Infectieuses" menées par les unites ASTRE et TETIS, et a bénéficié du financement de l'i-site MUSE dans le cadre du projet "TElédétection et Modélisation sPatiale de la mObilité animale" (TEMPO).

Modéliser les mouvements et les interactions

Ce travail de thèse avait pour objectif de :

- 1) caractériser à l'échelle paysagère les variables environnementales influençant les mouvements de deux espèces animales cibles, une espèce d'ongulés sauvages (le buffle - *Syncerus caffer caffer*) et une espèce d'ongulés domestiques (les vaches - *Bos taurus & Bos indicus*) dans trois zones d'interfaces situées en Afrique australe : parcs nationaux de Hwange, de Gonarezhou et de Kruger Nord) ;
- 2) simuler les mouvements des espèces animales cibles, à l'échelle de l'individu et du troupeau, en relation avec leurs environnements respectifs ;
- 3) déterminer la nature, la fréquence et la localisation des contacts entre les espèces animales cibles pour mieux appréhender, à terme, les risques de transmission de pathogènes.

L'approche méthodologique développée, combinant la télédétection, la télémétrie et la modélisation spatiale, a permis de mettre en évidence de fortes variabilités spatiales et temporelles de la disponibilité en eau dans les trois zones d'interfaces. Les modèles mécanistes de mouvement spatialisés, basés sur le principe d'un mouvement collectif d'individus autopropulsés, ont montré une corrélation positive et significative entre les observations/simulations de mouvements et l'utilisation de l'espace par les troupeaux des espèces animales cibles. La prise en compte de la couverture végétale a permis d'augmenter la précision globale des modèles de mouvement spatialisés permettant ainsi de reproduire, malgré une fluctuation de la précision en fonction des zones d'interfaces considérées, la fréquence et la localisation spatiale des contacts inter-espèces observés.

Des résultats reproductibles

Ce travail exploratoire et pluridisciplinaire démontre la possibilité de développer des modèles simples, nécessitant peu de paramètres, pour simuler les mouvements et les contacts d'espèces animales en relation directe avec leurs environnements respectifs. Les modèles mécanistes développés dans le cadre de cette thèse peuvent intégrer des données spatiales hétérogènes tout en étant modulables et évolutifs, rendant possible des observations dynamiques à différentes échelles spatio-temporelles et reproductibles dans d'autres contextes écologiques avec différentes espèces animales cibles.

Le CES Risques Maladies Infectieuses met à disposition les résultats de ce travail, à savoir les données environnementales utilisées en entrée des modèles, produites à partir d'une série d'images Sentinel-2 (déjà disponibles), ainsi que les cartes de contacts et les codes sources (bientôt disponibles). ■

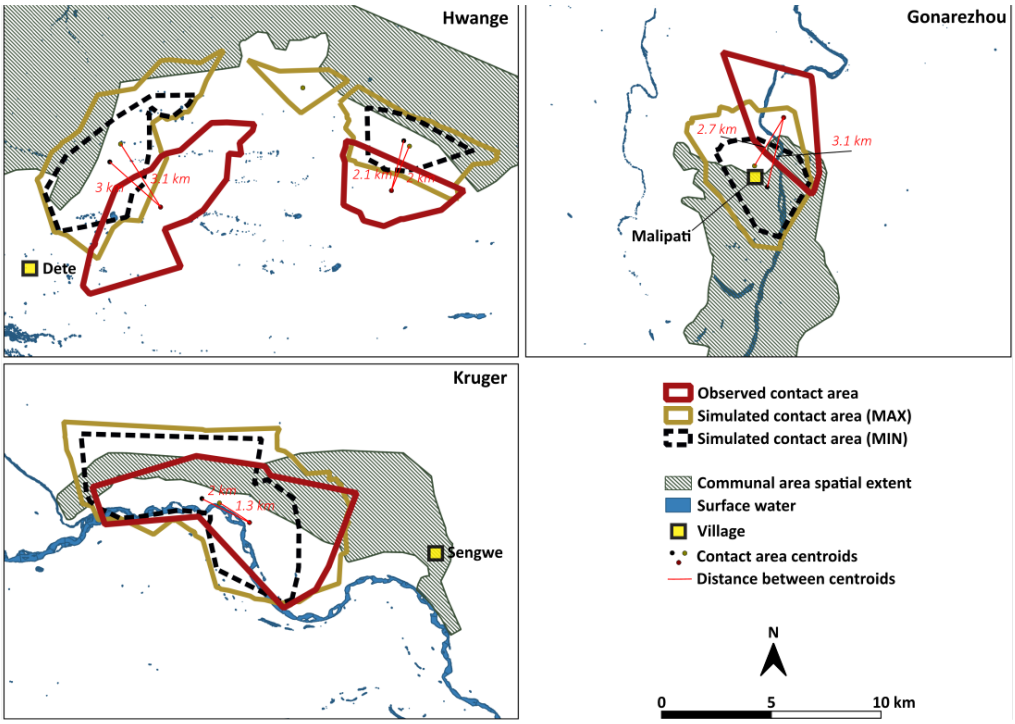
Florent RUMIANO & Annelise TRAN,
Cirad, TETIS

Lien de la vidéo de la soutenance de thèse :
► tempo.cirad.fr/actualites/soutenance-de-these-florent-rumiano

CES Risques Maladies Infectieuses
► www.theia-land.fr/ceslist/

Les données d'occupation du sol des parcs
► www.theia-land.fr/product/occupation-du-sol-de-parcs-nationaux-au-zimbabwe/

Les données d'évolution des surfaces en eau des parcs
► www.theia-land.fr/product/surfaces-en-eau-de-parcs-nationaux-au-zimbabwe/



Les données d'occupation du sol, de végétation et de disponibilité en eau permettent de modéliser les mouvements d'animaux et de prédire la transmission potentielle d'agents pathogènes.

Le service de calcul de Modèles Numériques de Surface est accessible à la communauté scientifique et institutionnelle.

Les images Pléiades peuvent être acquises en mode stéréoscopique (doublet d'images) et tri-stéréoscopique (triplet d'images). Ce mode d'acquisition permet de couvrir la surface terrestre à une résolution de 0.70 m avec des angles d'incidence légèrement différent et depuis la même orbite, ce qui permet de disposer rapidement d'un produit homogène. Le traitement photogrammétrique des doublets et/ou triplets d'image permet une mise en correspondance des images et la reconstruction de leur profondeur permettant la génération d'un modèle topographique du sursol à très haute résolution.

Un service en ligne accessible aux non-experts

Depuis septembre 2021, le pôle de données en terres solide (ForM@Ter) en collaboration avec le pôle THEIA et le dispositif DINAMIS met a disposition le service de calcul à la demande DSM-OPT (Digital Surface Models from OPTical stereoscopic very-high resolution imagery) accessible en ligne.

Ce service permet le calcul de Modèles Numériques de Surface à partir d'images stéréo/tri-stéréo Pléiades, actuellement par le téléversement des images depuis un ordinateur et, à terme, directement depuis le catalogue du dispositif institutionnel DINAMIS. Le service DSM-OPT a été développé par l'EOST avec la contribution de l'IGN/MATIS et de l'IPGP. Il est déployé sur l'infrastructure de calcul et de services A2S hébergée au Mésocentre de l'Université de Strasbourg. Le service a été mis en place avec le soutien de l'ESA, du CNES et du CNRS/INSU.

Le service s'adresse aux communautés non expertes du domaine et des données en ayant la possibilité de lancer le calcul avec des paramètres prédéfinis et également aux communautés expertes qui peuvent agir sur le paramétrage. Il s'appuie sur la librairie photogrammétrique MicMac (IGN / Matis) et des développements ad-hoc des laboratoires EOST et IPGP. Le service permet le filtrage des grilles d'élévation calculées, l'alignement et la co-registration de la grille d'élévation sur une grille d'altitude de référence (pour permettre des comparaisons multi-dates), la génération des ortho-images vraies et d'une ortho-mosaïque et l'export des données sous forme de nuages de points ou de grilles. Les produits issus du service DSM-OPT sont mis à disposition sous licence CC-BY-NC excluant toute exploitation commerciale.

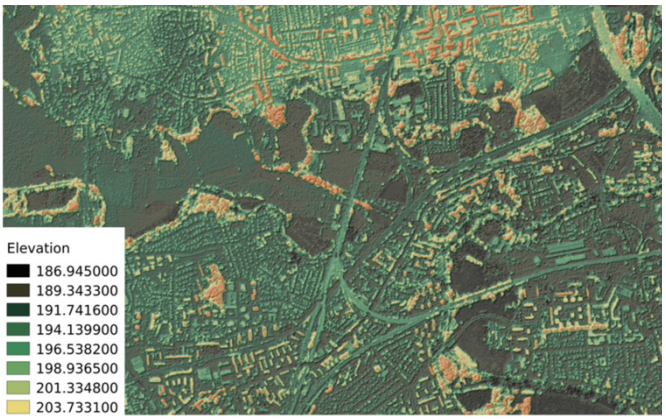


Figure 2. Exemple de modèle numérique de surface urbain généré sur la ville de Strasbourg (Grand-Est) dans le cadre des activités du CES Urbain de THEIA (© A. Puissant & A. Stumpf, LIVE/THEIA)

Des développements sont en cours pour étendre la capacité du service au traitement des images Spot6/7 et des images Pléiades-Neo, et diffuser gratuitement, à partir de mi-2022, les modèles numériques de surface générés par les utilisateurs via un catalogue dédié.

Deux exemples d'utilisation du service pour 1) suivre la dynamique des éruptions volcaniques (Figure 1) et 2) créer des modèles numériques urbains (Figure 2) sont présentés ici.

Le service est accessible aux utilisateurs autorisés et membres d'un organisme tutelle des pôles ForM@Ter et Théia et de l'IR Data Terra à partir de la page dédiée aux services de calculs à la demande sur le portail de ForM@Ter. Pour accéder au service, il est nécessaire de s'authentifier.

Jean-Philippe MALET et David MICHÉA, EOS,
Emilie OSTANCIAUX et Elisabeth POINTAL, ForM@Ter,
Catherine PROY, CNES

Service DSM-OPT
► https://en.poleterresolide.fr/services-en/mns.

Eruption du volcan de la Soufrière de Saint-Vincent (Antilles) : 9-22 avril 2021

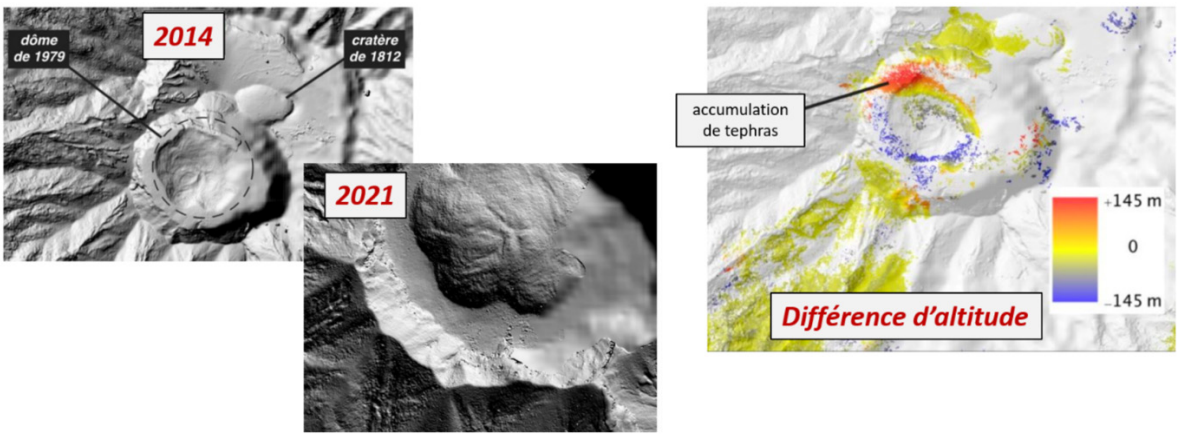


Figure 1. Exemple de modèle numérique de surface généré sur le volcan de la Soufrière de Saint-Vincent (Antilles) lors de la crise volcanique d'avril 2021, et calcul des volumes de téphras accumules (© R. Grandin, IPGP/ForM@Ter)

THERMOCITY : les données spatiales pour l'étude des phénomènes thermiques en ville

THERMOCITY est un projet labelisé par l'Observatoire spatial du climat (SCO). Lancé en 2020 pour 2 ans, le projet est porté par le CNES en collaboration avec l'ONERA, le CSTB et Météo-France. Il consiste à étudier le comportement thermique des villes à partir de données satellites dans un contexte de changement climatique. L'objectif final est de proposer aux décideurs des indicateurs d'aide à la décision pour supporter l'aménagement urbain.

Les données spatiales thermiques jouent un rôle central dans THERMOCITY, on peut cependant distinguer deux familles : les thermographies d'été et d'hiver. La première permet de cartographier les ilots de chaleur urbains de surface alors que la deuxième permet de localiser le bâti mal isolé et donner un indice de performance énergétique à l'échelle du quartier ou de la ville. D'autres données dérivées du spatial permettent de préciser le diagnostic, en général issues du domaine optique à plus haute résolution spatiale, comme par exemple occupation du sol, 3D, albédo. Cinq métropoles françaises ont été choisies pour constituer nos zones de test : Marseille, Montpellier, Paris, Strasbourg et Toulouse.

Apporter une résolution suffisante

Une dizaine de produits de température de surface (LST pour Land Surface Temperature) ASTER et ECOSTRESS (NASA) a été récupérée pour chaque zone d'étude, totalisant une cinquantaine d'images sur la période 2003-2020 (images disponibles sur THEIA). Ces produits, générés de manière opérationnelle, ne prennent généralement pas en compte les caractéristiques spécifiques aux milieux urbains ce qui peut entrainer une diminution de la précision de la LST estimée. L'objectif était donc d'améliorer les produits existants en travaillant sur :

- Une meilleure prise en compte des conditions atmosphériques de la zone urbaine considérée pour améliorer les performances de la correction atmosphérique. Ainsi, pour ECOSTRESS, une correction atmosphérique a été réalisée à l'aide de profils atmosphériques fournis par MétéoFrance pour chaque ville
- La prise en compte de la variabilité spectrale des matériaux artificiels dans la méthode de séparation émissivité température (algorithme TES, Temperature Emissivity Separation). Une méthode TES adaptée aux milieux urbains a été utilisée pour retraiter les données ASTER et ECOSTRESS
- L'amélioration de la résolution spatiale de la cartographie de la température de surface par désagrégation. Cette méthode repose sur une relation empirique linéaire entre un indice de végétation et la LST. La méthode proposée a permis de générer une image LST à 30 m à partir d'images ASTER à 90 m.

Au préalable, un important travail de géoréférencement a été réalisé par le CNES. Les données ont été recalées sur des images Sentinel-2, étape indispensable pour limiter les erreurs lors de la fusion et comparaison entre les différentes bandes et produits.

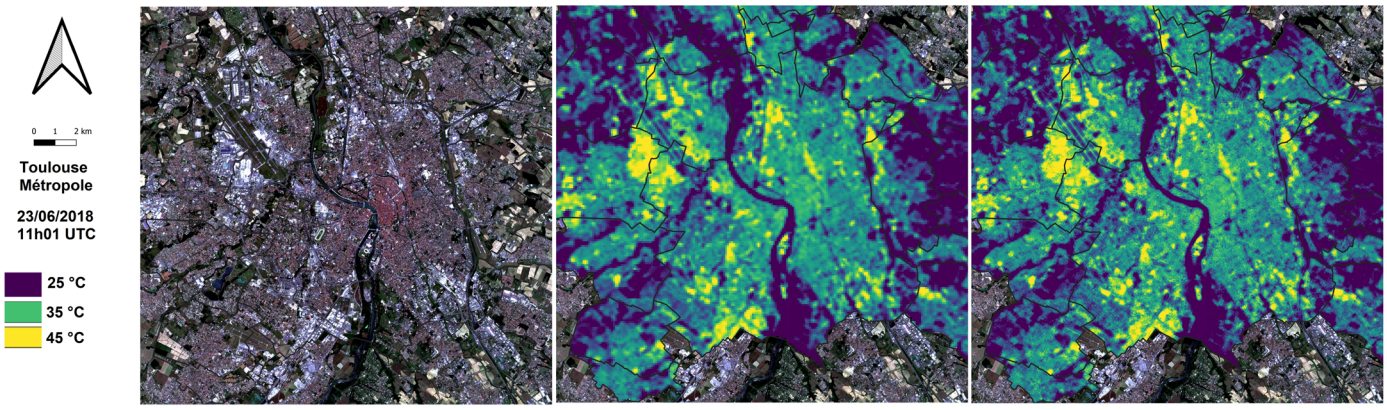
Pour plus de détails sur les traitements appliqués, les rapports techniques sont disponibles sur la page du CES LST/LSE. Les produits générés sont des cartes de LST à 30 m, 70 m et 90 m de résolution spatiale. Une analyse de carte d'ICUS (Îlot de Chaleur Urbain de Surface) a aussi été réalisée.

- Pour ECOSTRESS uniquement : correction atmosphérique à l'aide du logiciel de transfert radiatif COMANCHE, développé à l'ONERA [1].
- Application du TES urbain. Cet algorithme implique la classification des pixels pour différencier les surfaces artificielles et naturelles. Pour cela, le produit Imperviousness density de COPERNICUS a été utilisé. Plus de détail dans [2].
- Pour ASTER uniquement : désagrégation des produits LST générés à l'étape précédente avec la méthode ATPRK de jour et la méthode AATPRK de nuit (quand les données nécessaires étaient disponibles) avec comme indice le NDVI. Plus de détails dans [3,4].
- Génération d'un indicateur de fiabilité appelé QA (Quality Assessment) pour chaque image. Il évalue l'impact lié à la 3D de la ville, l'influence de la mixité des pixels ainsi que la cohérence physique de l'estimation. Il ne s'agit pas d'un calcul de propagation d'erreur mais d'un indicateur de fiabilité permettant aux utilisateurs de filtrer les pixels en fonction du besoin
- Calculs de cartes de SUHI à partir des produits LST générés en utilisant une zone rurale de référence pour mettre en avant les contrastes thermiques.

Des traitements innovants

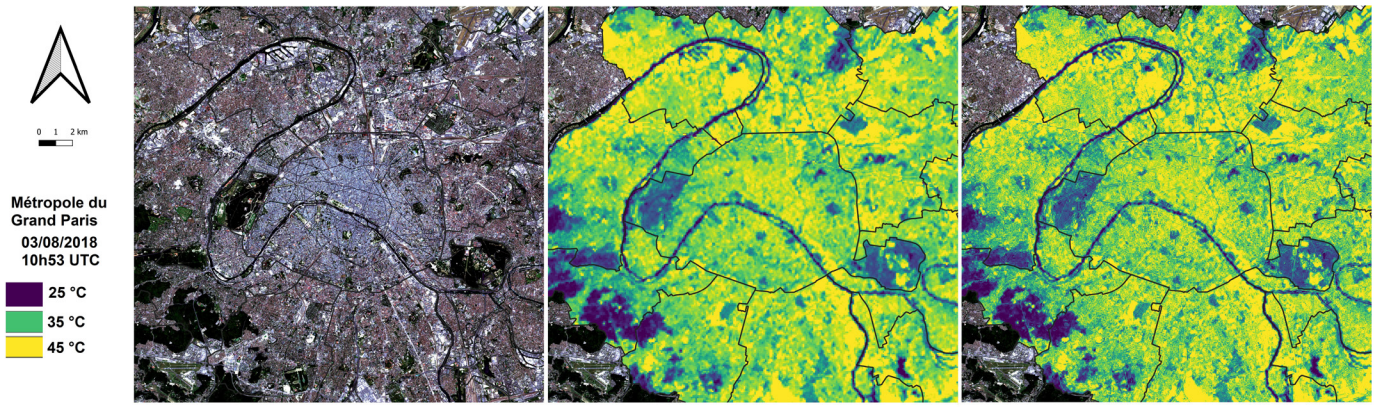
Les méthodes utilisées dans ce projet ont été validées dans le cadre d'études antérieures décrites dans les différentes publications mentionnées en référence. À l'issue de ces traitements, les principaux résultats sont les suivants :

- Les cartes de LST sont visuellement et quantitativement cohérentes avec les produits de LST de la NASA. Néanmoins,



Légende : vue Sentinel-2 (gauche), LST à 90 m de résolution spatiale (milieu), LST désaggrégée à 30 m de résolution spatiale (droite)

Figure 1. La ville de Toulouse en optique par Sentinel-2 (gauche), température de surface (ASTER, 90m, au centre), et température de surface super-résolue (ASTER, 30m, à gauche). Un des enjeux du projet THERMOCITY est de proposer des produits en température de surface les plus qualitatifs possible. Pour ce faire, le CNES et l'ONERA ont apporté des améliorations notables aux produits originaux en affinant la géolocalisation, la détermination de la température et en augmentant la résolution spatiale d'un facteur 3 pour les données ASTER.



Légende : vue Sentinel-2 (gauche), LST à 90 m de résolution spatiale (milieu), LST désaggrégée à 30 m de résolution spatiale (droite)

Figure 1. L'agglomération de Paris en optique par Sentinel-2 (gauche), température de surface (ASTER, 90m, au centre), et température de surface super-résolue (ASTER, 30m, à gauche).

les zones de bâti et les sols nus présentent une LST plus élevée, ce qui est en accord avec le comportement attendu pour ces surfaces dont l'émissivité est souvent surestimée dans un TES classique.

» Les LST ASTER à 30 m montrent une qualité visuelle accrue avec des valeurs proches des valeurs à 90 m tout en révélant plus de contraste, permettant une analyse plus fine. Aucune évaluation quantitative n'a pu être réalisée par manque de vérité terrain.

» Les cartes de SUHI (Surface Urban Heat Island) ont mis en avant la difficulté à définir une zone de référence représentative de l'environnement rural. Des études sont nécessaires afin d'affiner la procédure de sélection de cette zone pour un calcul de SUHI reproductible. Malgré cela, les cartes générées montrent des comportement thermique intéressants avec une surchauffe de la zone urbaine à certaines dates ou des anomalies thermiques.

» Malgré les corrections, des problèmes géométriques subsistent sur certaines données ECOSTRESS qu'il a été impossible de corriger complétement et sont visibles sur les produits générés. Cela confirme la nécessité de corrections géométriques précises en préalable des autres traitements.

Des données à exploiter par les utilisateurs

Nous entrons maintenant dans la phase d'exploitation des données générées par THERMOCITY. Pour ce faire, un atelier de travail a permis, en concertation avec les utilisateurs des métropoles, de définir les études à effectuer ainsi que les sorties attendues. Trois grands axes de travail se dessinent : un premier sur l'occupation du sol en ville, son évolution et son effet sur le climat urbain, un deuxième sur l'extraction et la caractérisation des anomalies thermiques en ville et, pour finir, un troisième sur l'étude de l'effet d'ilot de chaleur urbain et ainsi que les solutions de mitigation associées. Sur ce dernier point, les compétences des autres acteurs du projet seront cruciales. Par exemple, Météo-France va être en mesure de simuler l'effet sur le climat urbain d'une politique de re-végétalisation à l'échelle d'une métropole, alors que le CSTB apportera son expertise à l'échelle du bâtiment.

En phase avec l'esprit d'ouverture du SCO, toutes les données produites dans le cadre du projet ainsi que les rapports d'étude associées vont être rendus publics d'ici la fin de l'année. Les données THERMOCITY sont d'ores et déjà disponibles sur THEIA ■

Aurélie MICHEL, Laure ROUPIOZ, Xavier BRIOTTET
ONERA
Vincent LONJOU
CNES

CES Température de surface et Émissivité
► theia-land.fr/ceslist/ces-temperature-de-surface-et-emissivite/

Thermocity
► www.theia-land.fr/product/thermocity/

Liens pour aller plus loin
► www.spaceclimateobservatory.org/fr/thermocity-toulouse
► asterweb.jpl.nasa.gov
► ecostress.jpl.nasa.gov

Références

[1] Poutier, L.; Miesch, C.; Lenot, X.; Achard, V.; Boucher, Y. COMANCHE and COCHISE: two reciprocal atmospheric codes for hyperspectral remote sensing. *AVIRIS Earth Science and Applications Workshop Proceedings*, 2002.

[2] Michel, A.; Granero-Belinchon, C.; Cassante, C.; Boitard, P.; Briottet, X.; Adeline, K.R.M.; Poutier, L.; Sobrino, J.A. A New Material-Oriented TES for Land Surface Temperature and SUHI Retrieval in Urban Areas: Case Study over Madrid in the Framework of the Future TRISHNA Mission. *Remote Sens.* 2021, 13, 5139. doi.org/10.3390/rs13245139

[3] Granero-Belinchon, C.; Michel, A.; Lagouarde, J.P.; Sobrino, J.; Briottet, X. Multi-Resolution Study of Thermal Unmixing Techniques over Madrid Urban Area: Case Study of TRISHNA Mission. *Remote Sensing* 2019, 11(10), 1251. doi:10.3390/rs11101251

[4] Carlos Granero-Belinchon; Aurelie Michel; Jean-Pierre Lagouarde; Jose A. Sobrino; Xavier Briottet. Night Thermal Unmixing for the Study of Microscale Surface Urban Heat Islands with TRISHNA-Like Data. *Remote Sensing* 2019, 11, 1449 .

Tropisco : suivre les pertes de couverture forestière des forêts denses

L'objectif du projet TropiSCO est de fournir des cartes de suivi des pertes de couverture forestière dans les forêts denses tropicales avec les images des satellites Sentinel-1, à partir de 2018 et en continue. Les cartes seront accessibles publiquement via une plateforme webGIS et fournies à une résolution temporelle d'une semaine, une taille de pixels de 10 mètres, et une taille de plus petites détections de 0,1 hectare (correspondant à dix pixels Sentinel-1). La plus-value de ce système de détection par rapport aux autres systèmes existants, réside à la fois dans la fine résolution spatiale et surtout dans le court délai de détection des pertes de couverture forestière quelles que soient les conditions météorologiques, indispensable dans les tropiques pour des interventions rapides sur le terrain.

Un projet réunissant de nombreux acteurs

Le projet TropiSCO, labellisé par le Space Climate Observatory en 2021, est mené par la société GlobEO en étroite collaboration avec le CNES et le CESBIO. Le projet se déroule en deux phases A et B. Les trois objectifs de la phase A qui se terminera en avril 2022, sont le recueil des besoins utilisateurs, une analyse de l'architecture du système et des coûts associés à chaque solution technique étudiée, et une démonstration du concept sur sept pays avec la création, par la société Someware, d'un webGIS dédié. La démonstration est faite sur le Guyana, le Suriname, la Guyane, le Gabon, le Vietnam, le Laos et le Cambodge. L'objectif principal de la phase B sera d'étendre la méthode à toutes les forêts denses tropicales.

Des produits adaptés aux besoins des utilisateurs

A l'heure actuelle, les besoins utilisateurs ont été recueillis via un questionnaire auprès de vingt-cinq institutions et sont en cours d'analyse. Ils nous fournissent des informations précieuses afin de produire les produits cartographiques les plus pertinents possible. En parallèle, l'architecture du système de production est en cours d'étude au CNES, afin de dimensionner une solution technique adaptée à l'ambition de ce projet.

Les produits générés par le projet TropiSCO consistent essentiellement en des cartes de pertes de couverture forestière à haute résolution spatiale et temporelle, mais aussi en des cartes synthétiques permettant de mettre en valeur des zones d'activité importante, ainsi que des statistiques mensuelles et annuelles par territoire (provinces, pays, etc).

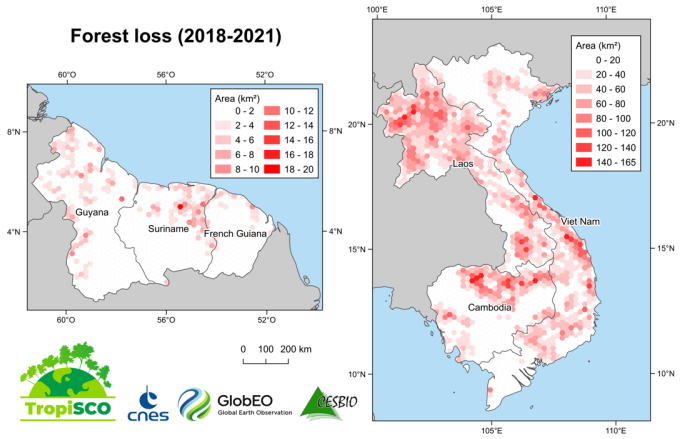


Figure 1. Cartes synthétiques des activités de coupes forestières de janvier 2018 à décembre 2021 au Surinam et en Guyane, avec une résolution temporelle hebdomadaire et une taille de pixels de dix mètres, obtenues avec les images des satellites Sentinel-1.
La figure a été effectuée avec l'aide de Simon Gascoin et Maylis Duffau.

Des exemples de produits synthétiques sont présentées dans la Figure 1. Les dégradés de rouge indiquent la superficie de forêts coupées au sein de chaque hexagone de 460 km² de superficie. On identifie par exemple les zones d'orpaillage au Suriname à la frontière avec la Guyane, ainsi que les coupes de plantations d'arbres dans le centre du Vietnam et la conversion de forêts naturelles en plantations d'arbres dans le nord du Laos. On peut observer aussi le contraste entre le nord Laos et Vietnam, ce qui illustre que l'exploitation et la gestion des forêts dépendent fortement de la stratégie nationale. Plus de 70 000 images Sentinel-1 ont été traitées avec les moyens de calcul du CNES pour produire les cartes sur le Vietnam, le Laos et le Cambodge, couvrant 1 230 000 km². Sur ces trois pays, les erreurs d'omission et de commission ont été estimées respectivement à 10 % et 0,9 % selon un protocole de validation adapté (Mermoz et al., 2021). La Figure 2 montre un exemple de carte de détections sur le Suriname de 2018 à 2021. Les dégradés de couleur du jaune au rouge montrent l'évolution progressive dans le temps des routes forestières. Les coupes sélectives (points jaunes à rouge) sont visibles entre les routes.

Ces travaux ont été présentés le 11 octobre 2021 dans le cadre de l'atelier Theia sur les utilisations de la télédétection pour la forêt, et le 20 janvier 2022 lors de la troisième Trimestrielle du SCO France. D'ici la fin de la phase A, l'équipe TropiSCO travaille sur l'automatisation complète de la chaine de traitement et sur la production de carte des coupes forestières sur le Gabon. Le webGIS sera ouvert et accessible à tous en avril 2022. ■

Stéphane MERMOZ,
GloBEO, CESBIO

► www.spaceclimateobservatory.org/fr/tropisco-amazonie

► www.spaceclimateobservatory.org/tropisco-southeast-asia

Présentation vidéo du projet lors de l'atelier "Les utilisations de la télédétection pour la forêt", organisé par Theia le 11 octobre 2021 à Montpellier
► www.youtube.com/watch?v=M7AwJEd2lQc

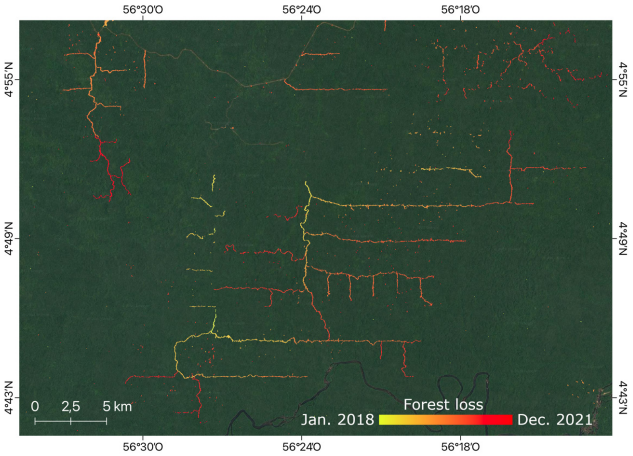


Figure 2. Zone d'exploitation forestière au Suriname. Les premières coupes sont souvent associées à la création de routes forestières, suivies des coupes sélectives. Image de fond : Google Earth.

Référence

Mermoz et al. (2021). Continuous Detection of Forest Loss in Vietnam, Laos, and Cambodia Using Sentinel-1 Data. *Remote Sensing*, 13(23), 4877. doi.org/10.3390/rs13234877

Détecter de l'eau sous les traces altimétriques pour améliorer l'estimation des réservoirs hydrologiques de surface

Les quantités d'eau présentes sur les continents dans les lacs, fleuves et plaines d'inondation jouent un rôle essentiel dans les cycles hydrologiques, biogéochimiques et du carbone. Ce réservoir hydrologique a été récemment reconnu variable climatique essentiel. Cependant, à l'heure actuelle, les quantités d'eau contenues dans le réservoir hydrologique de surface et leur évolution temporelle restent mal connues à l'échelle régionale, et, a fortiori, sur l'ensemble du globe.

L'apport de la rétrodiffusion altimétrique

La télédétection satellitaire est un outil essentiel pour le suivi du réservoir hydrologique de surface. Avant la mise en orbite de la mission franco-américaine Surface Water and Ocean Topography (SWOT) courant 2022, qui permettra de cartographier, pour la première fois, les hauteurs d'eau des hydrosystèmes continentaux au moyen de la technique d'interférométrie SAR à faible incidence, plusieurs techniques permettent, d'ores et déjà, d'estimer l'évolution temporelle des quantités d'eau contenues dans le réservoir de surface. Pour ce faire, il est nécessaire d'estimer à la fois étendues et hauteur d'eau. L'imagerie satellitaire, optique, radar (SAR), ou micro-ondes passives, permet de suivre les variations temporelles de l'extension des inondations des zones humides. L'altimétrie satellitaire, radar ou lidar, quant à elle, fournit des séries temporelles de hauteur d'eau sur les lacs, les fleuves et les zones inondées. Pour les lacs et les fleuves, des techniques automatiques ou semi-automatiques ont été développées pour mettre à jour les séries temporelles de hauteur d'eau à chaque passage des missions altimétriques. En revanche, sur les plaines d'inondation, souvent temporaires, les rares séries temporelles altimétriques de niveau d'eau sont créées manuellement. Etant donnée l'étendue de ces zones sur lesquelles les intersections avec des traces altimétriques sont nombreuses, il est illusoire de songer y créer des réseaux denses de stations virtuelles altimétriques sans recourir à des méthodes d'identification de l'eau sous les traces de ces satellites. De ce fait, l'estimation des quantités d'eau de surface contenus dans ces environnements est estimée de manière approximative.

De rares études antérieures ont mis en évidence un lien entre l'état hydrique des surfaces continentales et la rétrodiffusion altimétrique. Une étude récente a montré qu'il était possible d'utiliser les variations temporelles de la rétrodiffusion altimétrique pour identifier la présence d'eau sous la trace. Cette étude a été menée dans la cuvette centrale du Congo, vaste zone d'inondation située en région tropicale et comportant de grandes zones humides sous forêt (Figure 1). Dans cette région, une analyse du cycle annuel de la rétrodiffusion en bande Ku (~13,6 GHz) mesurées par les missions altimétriques à bord d'ENVISAT (2002-2010 sur l'orbite nominale) et Jason-2 (2008-2016 sur l'orbite nominale) au moyen d'une technique de classification non supervisée (k-moyennes) a permis de distinguer les classes d'eau, des classes de végétation (Figure 2). Les résultats obtenus ont été comparés à une carte d'occupation des sols produites à partir d'images SAR en bande L acquises par PALSAR et de cartes d'indice de végétation (Enhanced Vegetation Index – EVI) issu des réflectances multispectrales de MODIS. La bonne détection des classes correspondant aux zones en eau (eau libre, inondations permanentes et saisonnière est supérieure à 90%.

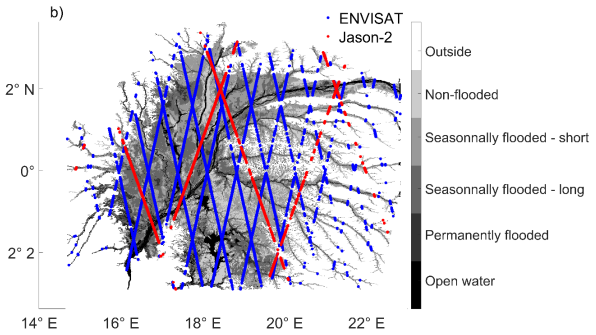


Figure 1 : La Cuvette Centrale du Congo en Afrique équatoriale. Les traces altimétriques (ENVISAT, Jason-2) se superposent à la carte d'occupation des sols de la région.

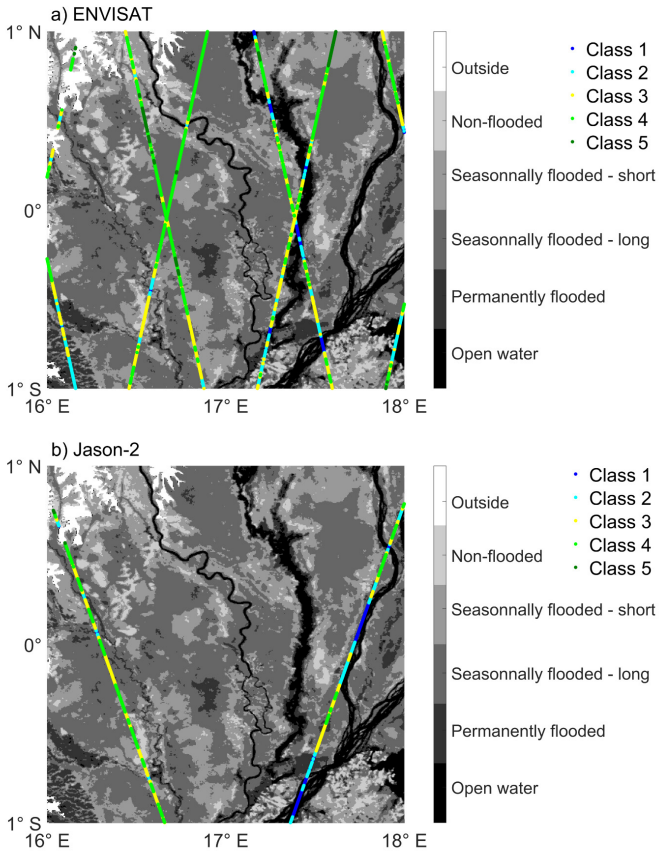


Figure 2 : Résultats de la classification du cycle annuel des rétrodiffusions d'ENVISAT au moyen de l'algorithme des k-moyennes. Les classes représentées par des points bleu foncé, bleus et jaunes correspondent aux zones en eau de la carte d'occupation des sols (fleuves, zones inondées permanentes et saisonnières).

Un réseau de stations virtuelles

Sur les classes identifiées comme étant de l'eau, des séries temporelles de hauteur d'eau ont été créées sur la cuvette centrale du Congo. Des critères ont été pris en compte pour créer le réseau de stations virtuelles altimétriques. Ils sont relatifs aux dimensions minimale et maximale des stations virtuelles (c'est-à-dire le nombre de points de mesure par passage de l'altimètre sur lequel est estimé le niveau d'eau) et la distance minimale entre deux stations virtuelles sur une même trace. Il a ainsi été possible de construire plusieurs centaines de stations virtuelles altimétriques dans la Cuvette Centrale du Congo (358 et 250 pour ENVISAT et Jason-2) aussi bien sur le fleuve que dans les plaines d'inondation. Des comparaisons ont été effectuées avec les séries temporelles altimétriques construites manuellement et mises à disposition par la base de données Hydroweb (https://hydroweb.theia-land.fr/) sur les fleuves et les lacs. Dans la très grande majorité des cas, un très bon accord (corrélation > 0,95 et écart quadratique moyen inférieur ou égal à 0.25 m) a été obtenu.

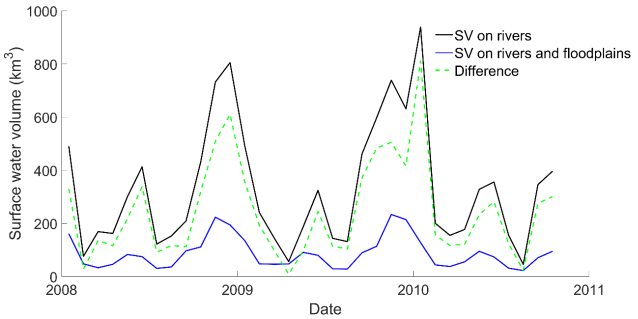


Figure 3. Mesure des hauteurs d'eau altimétriques des fleuves et de l'ensemble de la cuvette centrale du Congo.

Afin d'estimer l'impact de la densification du réseau de stations virtuelles altimétriques sur les stocks d'eau de surface déduits de la combinaison des informations sur l'étendue des inondations par imagerie et des niveaux d'eau par altimétrie, des cartes de hauteur d'eau ont été produites en utilisant soit les hauteurs d'eau altimétriques sur les fleuves coulant dans la cuvette centrale, soit celles obtenues sur l'ensemble de la cuvette. Les variations de volume d'eau de surface associées ont été calculées dans les deux cas (Figure 3). Les variations de niveau d'eau sur les zones humides étant plus faibles que celles dans les fleuves, des volumes d'eau de surface quatre fois plus faibles ont été observées en prenant en compte les variations sur les plaines d'inondations. On mesure toute l'importance de l'intégration des variations des niveaux d'eau des plaines d'inondation pour les bilans hydrologiques.. ■

Frédéric FRAPPART, Pierre ZEIGER & Fabien BLAREL, LEGOS,
Julie BETBEDER & Valéry GOND, CIRAD
Régis BELLOT, IGN
Nicolas BAGHDADI, INRAE, UMR TETIS
José DARROZES & Luc BOURREL, GET,
Frédérique SEYLER, ESPACE-DEV, IRD

CES Volumes d'eau de surface des plaines d'inondation
► www.theia-land.fr/ceslist/ces-volumes-deau/

AITiS | Logiciel de visualisation des données altimétriques et de création de séries temporelles de hauteur d'eau sur les fleuves, lacs et zones inondées
► www.theia-land.fr/product/altis/

Cartographie numérique des sols : des ressources pédagogiques et des cartes de propriété

Le CES Cartographie Numérique des Sols (CNS) poursuit d'abord des travaux méthodologiques en collaboration avec ses membres pour évaluer les produits existant et améliorer les futurs produits. Néanmoins, début 2022, diverses réalisations récentes sont à la disposition des utilisateurs.

Diffusion en partenariat de cartes de propriétés de sol

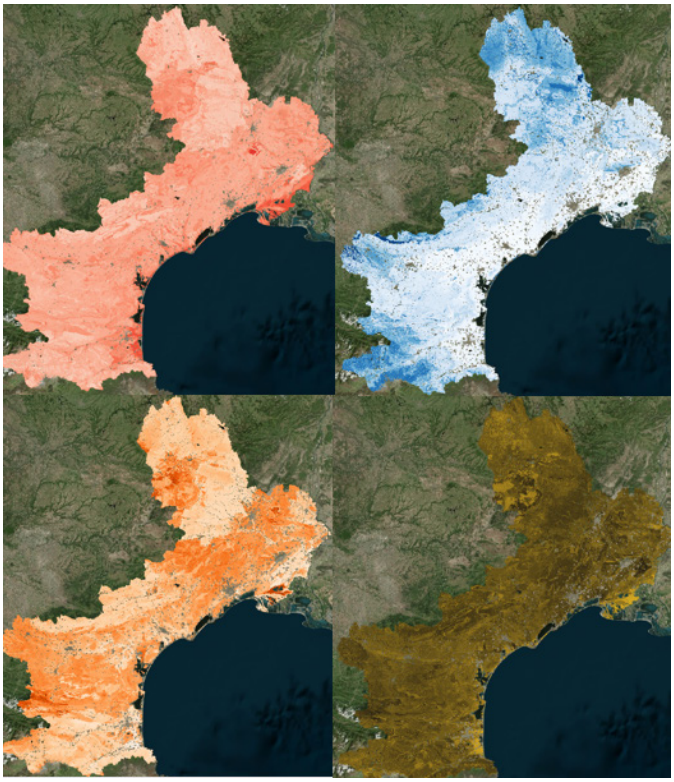
Deux types de produits cartographiques sont disponibles ou en voie de l'être aux échelles nationales et/ou régionales :

» Cartes de propriétés de sol suivant les spécifications du projet mondial GlobalSoilMap. Ce produit est d'ores et déjà diffusé pour l'ex Région Languedoc Roussillon par l'animateur de l'ART Theia Occitanie, OpenIG.

Les cartes GlobalSoilMap à l'échelle nationale ont été également réalisées et sont en voie de diffusion par l'Unité INRAE Infosol. D'autres produits GlobalSoilMap régionaux devraient voir le jour dans un proche avenir.

» Carte du Réservoir Utile du sol. Cette propriété fonctionnelle du sol, cruciale pour bien des prises de décisions, a bénéficié d'un effort spécifique tant à l'échelle nationale que régionale.

A l'échelle nationale, une carte est diffusée par l'unité Infosol. A l'échelle de l'ex région Languedoc Roussillon, une carte du réservoir Utile du sol (et incertitude associée) est diffusée par OpenIG.



Exemples de Cartographies de propriétés des sols au format GlobalSoilMap pour l'ex Languedoc-Roussillon.

Des ressources pédagogiques

Au-delà de la production de données, le CES Theia CNS s'est également fixé comme objectif de diffuser les méthodes et outils utilisés pour produire les cartes de propriétés de sol.

Ceci se concrétise aujourd'hui par un site ► philippelagacherie.wixsite.com/cartograph-e, dont l'objectif est d'apporter les connaissances fondamentales sur la cartographie des sols par modélisation statistique (CSMS) aux utilisateurs et de fournir les principales informations concernant l'exploitation de produits CSMS tels que les cartes de propriétés des sols.

À partir de début 2022, c'est Anne Richer de Forges (Infosol Orléans) qui prendra la suite de Philippe Lagacherie pour l'animation du CES Theia Cartographie Numérique des Sols. ■

Philippe LAGACHERIE, INRAE, UMR LISAH & Tom BRUNELLE, OpenIG

CES Cartographie Numérique des Sols
► theia-land.fr/ceslist/ces-cartographie-numerique-des-sols/

Cartes de propriétés des sols (nécessite d'avoir un compte OPenIG)
► ckan.openig.org/dataset/cartes-numeriques-de-proprietes-des-sols-en-languedoc-roussillon

Cartes du réservoir utile des sols
► ckan.openig.org/dataset/cartes-numeriques-du-reservoir-utile-des-sols-en-languedoc-roussillon

Vitesse d'écoulement et épaisseur de glace : une combinaison d'indicateurs sans précédent pour l'ensemble des glaciers de la Terre

Dans le cadre du Centre d'Expertise Scientifique (CES) Glaciers du Pôle National de Données THEIA, des glaciologues de l'Institut des Géosciences de l'Environnement de Grenoble (Université Grenoble Alpes, CNRS, IRD, Grenoble-INP, avec le soutien du CNES) et du Dartmouth College (USA) mettent à disposition deux nouveaux produits couvrant l'ensemble des glaciers mondiaux. Il s'agit, d'une part, de la cartographie de la vitesse d'écoulement des glaciers à l'échelle globale (Figure 1), et d'autre part, de la distribution des épaisseurs de glace de ces glaciers (Figure 2).

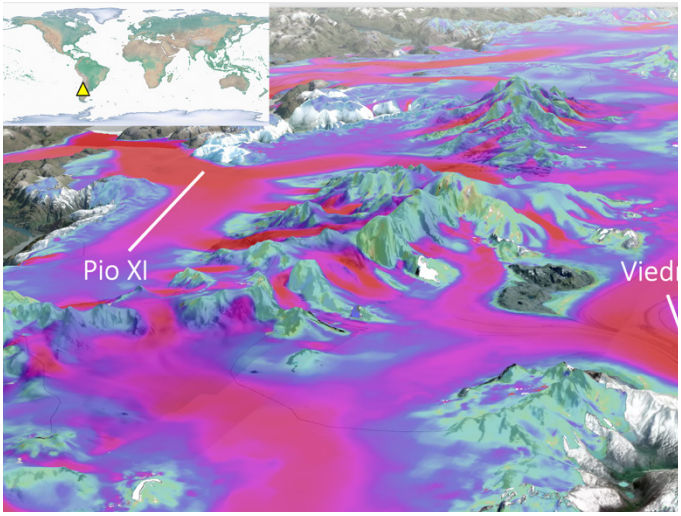


Figure 1. Carte des vitesses d'écoulement des glaciers s'écoulant du champ de glace Patagonien sud (2017-2018). Des données similaires sont disponibles pour l'ensemble des grandes régions glaciaires sur Terre.

La cartographie des vitesses d'écoulement glaciaire a d'abord été établie à partir d'images satellites couvrant la période 2017-2018 issues principalement des programmes Sentinel-1 et -2 (Copernicus, ESA) et Landsat (USGS, NASA). En combinant ces nouvelles observations, avec des données de terrain, une estimation inédite des épaisseurs de glace contenues dans chaque glacier de la Terre a pu ensuite être réalisée. Plus de quatre millions d'heures de calcul intensif sur les serveurs de l'Université Grenoble Alpes ont été nécessaire pour traiter ces données.

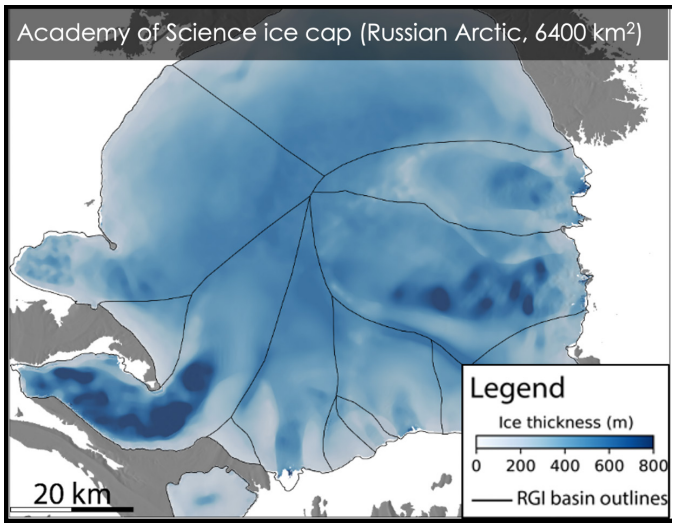


Figure 2 : Carte de la distribution des épaisseurs de glace de la calotte « Académie des Sciences » située sur l'Ile de Komsomolets dans l'Arctique russe. Des données similaires sont disponibles pour l'ensemble des grandes régions glaciaires sur Terre.

Prédire l'évolution des glaciers, des ressources en eau, du niveau des mers…

Ces résultats, par l'exhaustivité de leur couverture spatiale et leur résolution (50 m) constituent un changement de paradigme qui permet de revoir les estimations d'évolution futures des glaciers et des impacts associés notamment vis-à-vis de la ressource en eau et de l'évolution future du niveau des mers.

Dans l'article publié dans *Nature Geoscience* en février 2022, les chercheurs estiment que les ressources en eau stockées dans les glaciers sont, à l'échelle globale, jusqu'à 20 % plus faibles que dans les estimations précédentes, avec une variabilité régionale importante, ce qui augmenterait considérablement, dans certaines régions, la pression sur la disponibilité en eau. Par exemple, dans les Andes tropicales où les glaciers contribuent à l'alimentation en eau potable à plus de 4 millions de personnes, la situation est la plus alarmante avec une estimation des volumes glaciaires qui a été revue à la baisse jusqu'à environ 23 %. Au contraire, en Himalaya, dans les bassins des rivières Indus et Chenab, où vivent plus de 6,5 millions de personnes, des stocks d'eau d'origine glaciaire plus de 30 % plus importants que ceux des études précédentes sont estimés.

Ainsi, ces résultats ouvrent de nouvelles perspectives pour mieux prévoir la contribution future des glaciers à l'élévation du niveau marin, ainsi que pour mieux appréhender la taille des réservoirs d'eau potable dans les bassins versants. Au-delà d'une meilleure compréhension de l'évolution des glaciers dans un contexte de changement climatique, ces nouvelles observations permettront également aux glaciologues de mieux comprendre la physique de l'écoulement glaciaire et d'améliorer les modèles qui représentent l'évolution des glaciers dans les projections futures.

Ces données sont mises à disposition de la communauté par le CES Glaciers. Elles peuvent être visualisées et téléchargées *via* maps.theia-land.fr, l'interface cartographique du Pôle National de données THEIA, et *via* le Sedoo pour un téléchargement de l'ensemble du jeu de données ou par régions. ■

Romain MILLAN, Jérémie MOUGINOT, Antoine RABATEL
Université Grenoble Alpes, CNRS | IGE
Mathieu MORLIGHEM,
Dartmouth College, Hanover, États-Unis

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

Vitesse d'écoulement des glaciers
► www.theia-land.fr/product/vitesse-decoulement-des-glaciers-2017-2018/

Distribution des épaisseurs de glace, 2017-2018
► www.theia-land.fr/product/distribution-des-epaisseurs-de-glace

Visualisation et téléchargement en couche cartographique
► maps.theia-land.fr

Visualisation interactive 3D
► ige-vis.univ-grenoble-alpes.fr/glaciers/index.html

Référence

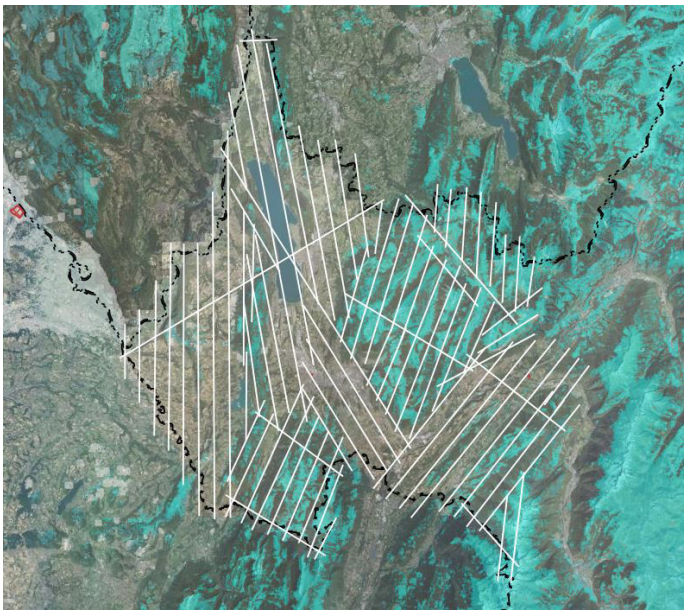
Millan, R., Mouginot, J., Rabatel, A., & Morlighem, M. Ice velocity and thickness of the world's glaciers. *Nature Geoscience*, (2022) doi: 10.1038/s41561-021-00885-z.

Des données Neige Theia dans le plan de vol

SINTEGRA est un cabinet de Géomètres-Experts spécialisé en Topographie et Cartographie aérienne et modélisation 3D implanté à Meylan près de Grenoble. SINTEGRA travaille à l'acquisition de données LiDAR et Photo sur l'ensemble de la France et aussi à l'étranger (Wallonie, Antilles, Laos, Madagascar, etc.). La société dispose d'un service aérien équipé pour mener des campagnes de mesures topographiques par technologie LiDAR sur des objets complexes.

Le LIDAR c'est le nom d'une technique de mesure. On s'en sert pour calculer et estimer des distances à l'aide de la lumière d'un laser.

La maîtrise de ces technologies permet à SINTEGRA de participer, par exemple, au grand chantier de cartographie 3D lancé de l'ensemble du territoire métropolitain et ultramarin par l'IGN. Notre mandat 2021 était de mener un levé à 10 points par m² pour cartographier 25 000 km² dans les Alpes : de Lyon jusqu'à Nice, et la Corse.



Exemple de plan de vol SINTEGRA utilisant des données Theia pour repérer la présence de neige (bleu clair). Savoie, lac d'Aix-les-Bains, et le départ de la vallée de la Maurienne et de la Tarentaise après Alberville.

Spécialiste du traitement des zones montagneuses

SINTEGRA travaille également avec la société SNOWsat en lui fournissant des modèles numériques de terrain qui s'intègrent dans le système embarqué de pilotage des dameuses. Ces MNT permettent de guider les engins en apportant une connaissance précise du relief de montagne afin d'optimiser la préparation des pistes de ski en estimant les volumes de neige à travailler.

Spécialisée dans le traitement des zones montagneuses, SINTEGRA doit régulièrement gérer les problèmes de réception laser dus à la présence de neige au sol. La réflexion du laser sur la neige fausse en effet les relevés topographiques et la réalisation de modèles numériques de terrain commandés par les clients. La meilleure solution pour éviter ces problèmes est encore de planifier les vols et les relevés en fonction de la présence de neige.

C'est là qu'intervient l'utilisation des données Neige Theia. Disponibles en quasi-temps réel et intégrables dans un SIG, elles sont facilement superposables aux plans de vol de la flotte. Elles permettent d'anticiper le type de relevés possibles et de préciser les plans de vol en fonction de la présence de neige. Elles participent ainsi pleinement au processus de prise de décision et de planification d'acquisition de SINTEGRA, en particulier aux intersaisons lorsque que la présence de neige peut beaucoup changer selon les lieux. ■

Camille GUILLOUD,
SINTEGRA
► **www.sintegra.fr/**

Des couches cartographiques Theia pour la neige

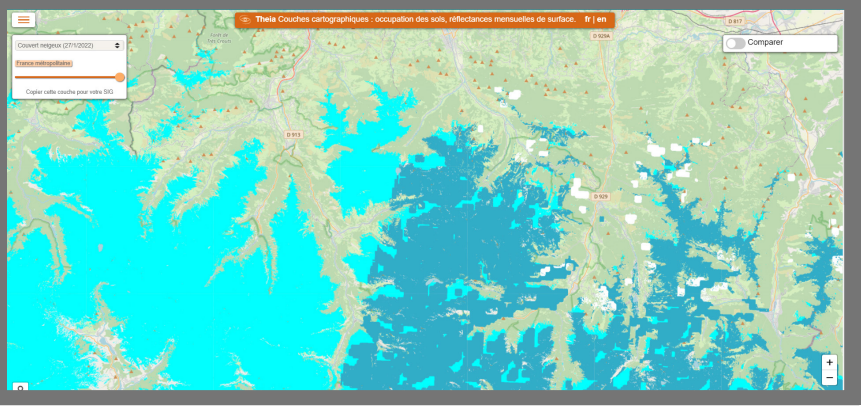
Le produit Neige Theia indique la présence ou l'absence de neige par pixel. Il est disponible sous différentes formes : données monodates, synthèses annuelles, et des couches cartographiques correspondant aux données d'observation du couvert neigeux des vingt derniers jours.

Ces couches WMTS peuvent être visualisées directement ou téléchargées sur le site maps.theia-land.fr. Elles sont alors directement utilisables dans un logiciel de SIG comme QGiS.

Grâce à un développement récent du serveur maps.theia-land.fr, la couche cartographique distingue en bleu foncé la neige dont la dernière visualisation par satellite sans nuage remonte à plus de quinze jours, et pour laquelle on n'a pas de nouvelles données, de chutes de la présence de neige constatée par satellite au cours des quinze derniers jours (bleu cyan). ■

Couche cartographique de la présence de neige pour les Pyrénées centrales, le 27 janvier 2022, téléchargeable sur maps.theia-land.fr

- Bleu foncé = Présence de neige constatée entre 27 et 16 jours
- Bleu cyan = Présence de neige constatée entre 7 et 15 jours
- Blanc = nuages sur toutes les acquisitions de moins de 20 jours
- Transparent = no data ou pas de neige ni de nuages



« Faire le lien par l'imagerie satellitaire entre l'environnement, les habitats favorables à des espèces vectrices ou réservoirs d'agents pathogènes et les populations humaines et animales à risque

Entretien avec
Annelise TRAN

Chercheure, Cirad, Tetis

Animatrice du CES RMI

► www.theia-land.art-geodev.fr

Qu'est-ce qui motive votre implication dans Theia comme animatrice du CES Risques Maladies Infectieuses (RMI) ?

Annelise TRAN : Jusqu'il y a peu, le nombre d'équipes en France travaillant sur la thématique télédétection et santé était très réduit, même si la thématique a pris de l'ampleur ces quinze dernières années. Participer à Theia, qui aborde un large spectre de thématiques, permettait d'abord de donner une visibilité à nos travaux de recherche. Par ailleurs, ces travaux du CES RMI ont abouti à des outils et des méthodes opérationnels que Theia permet de transférer aux utilisateurs - ce qui est très motivant. Aujourd'hui, Theia offre un portail unique où les utilisateurs peuvent trouver toutes les informations sur les applications de la télédétection pour les surfaces continentales, ce qui permet de faire le lien entre différentes thématiques. C'est particulièrement intéressant pour la thématique santé, pour laquelle on a besoin de produits d'occupation du sol, de données sur l'eau, sur l'urbain ou la biodiversité. Les liens entre toutes ces thématiques ou dynamiques de recherche sont visibles sur Theia. Pour moi, c'est une des belles réalisations de Theia de mettre en lien ces travaux, ces produits et ces équipes.

Comment cette implication s'articule-t-elle avec vos travaux de recherche sur l'utilisation de la télédétection en matière de santé ?

Annelise TRAN : Dans le cadre des maladies infectieuses vectorielles ou zoonotiques, qui impliquent des espèces vectrices ou réservoirs dans le cycle de transmission, il s'agit de faire le lien par l'imagerie satellitaire entre l'environnement, les habitats favorables à ces espèces et les populations humaines et animales à risque. Pour documenter ces liens assez indirects entre images et santé, on a besoin de données d'observation de la Terre qui permettent de décrire l'habitat de ces vecteurs ou réservoirs, avec des résolutions spatiales et temporelles adaptées. L'offre en télédétection aujourd'hui devient intéressante avec, à la fois, de la très haute résolution spatiale et une répétitivité temporelle importante. On peut ainsi jouer avec ces différents types d'images pour obtenir des informations pertinentes. Ce qui manque encore, ce sont davantage de modèles capables d'établir ces liens successifs.

Dans le CES RMI, on propose ainsi à la fois des produits issus de la télédétection – occupation du sol, variations des surfaces en eau, par exemple – et des chaines de traitement et modèles qui permettent de faire ces liaisons successives : des cartes d'occupation du sol, couplées à des données météorologiques, permettent de dresser des cartes de risque d'abondance de vecteurs de maladies, par exemple des moustiques. Un autre exemple est celui des travaux menés dans le cadre du projet TEMPO sur la mobilité animale : des cartes des surfaces en eau et de l'occupation du sol sont utilisées pour simuler les déplacements d'ongulés domestiques et sauvages, ce qui permet de cartographier les zones de contacts entre ces espèces et le risque de transmission de maladies comme la fièvre aphteuse (► Lire p. 6).

En tant que chercheuse au CIRAD, comment abordez-vous les questions du transfert et de la coopération avec les Suds ?

Annelise TRAN : Au Cirad comme à l'IRD, la recherche s'organise en partenariat avec les Suds. Au Cirad, c'est par le biais des Dispositifs de recherche et d'enseignement en partenariat (DP). Je viens ainsi de passer six ans au sein du DP One Health Océan Indien qui regroupe tous les acteurs de la santé humaine et vétérinaire de la région. Le DP permet de mener des recherches en concertation avec les acteurs, afin de répondre au mieux à leurs besoins, ce qui favorise l'appropriation des outils ensuite. L'IRD dispose, pour sa part, de laboratoires mixtes internationaux - comme le LMI Sentinela sur les maladies infectieuses au Brésil - qui organisent une recherche en coopération ainsi que le transfert des méthodes et des résultats. Dans le domaine de la santé peut-être plus qu'ailleurs, la question du transfert ne se fait pas uniquement du Nord vers le Sud comme on pourrait le penser. Les recherches menées par les équipes du CES RMI depuis des années sur les maladies transmissibles par les moustiques sont d'abord nées des besoins des pays du Sud et ont permis de développer des outils opérationnels. Mais finalement avec l'arrivée du moustique tigre en France hexagonale, le transfert de méthodes et d'outils se fait aujourd'hui vers les agences régionales de santé au Nord !

À votre avis, quels sont les grands défis à relever à l'avenir pour Theia ?

Annelise TRAN : Un grand défi pour Theia est, selon moi, celui de la formation. Theia permet déjà de rendre très visibles les produits de ses différentes thématiques et a habitué les utilisateurs à avoir recours à la télédétection. De nombreux acteurs de santé sont maintenant convaincus de l'intérêt des images satellitaires pour prendre en compte l'environnement lors d'études sur les maladies infectieuses. Par contre, il reste encore beaucoup de choses à faire pour rendre les utilisateurs autonomes dans l'utilisation des produits et des méthodes de télédétection. Theia, dans sa mission de lien entre chercheurs et utilisateurs, doit y contribuer. Un autre défi est d'inclure la caractérisation, le suivi et la modélisation de l'impact du changement climatique dans les thématiques de Theia. Dans la santé comme dans d'autres secteurs, de forts impacts sont attendus. On va avoir besoin des données d'observation de la Terre et de modèles pour mieux comprendre les relations entre climat, environnement et santé et ainsi contribuer à anticiper l'impact sanitaire à venir des changements globaux, dont le changement climatique. C'est un défi à relever. »

« Ce qui motive mon intérêt pour Theia, mais aussi pour l'idée même de pôle de données, ce sont les activités toujours renouvelées et les challenges associés.

Entretien avec Arnaud SELLÉ

Responsable interopérabilité CNES-partenaires pour DINAMIS, Theia & ForM@Ter

Directeur technique du pôle Theia

Qui êtes-vous et quel est votre rôle au sein du pôle Theia ? Comment et pourquoi vous êtes-vous engagé dans le pôle Theia ?

Arnaud SELLÉ : Le pôle THEIA Surfaces Continentales est né, il y a 10 ans, d'une volonté de mutualisation de moyens et d'expertises, à l'initiative d'organismes publics et dans le but de favoriser la recherche scientifique par la mise en réseaux de chercheurs, de faciliter l'usage de la donnée de télédétection spatiale et de répondre aux attentes sociétales portée par les acteurs publics.

Depuis sa création, le pôle a démontré son utilité grâce au grand nombre de thématiques portées par ses centres d'expertise scientifique et à la diversité des produits mis à disposition en Open Data.

Le CNES est un des partenaires majeurs du pôle. Durant mon activité de chef de projet de 2016 à 2021, puis de directeur technique, j'ai pu participer à mettre en œuvre un élargissement significatif du portefeuille de produits et coordonner les activités entre le CNES et ses partenaires. Un des plus grands succès, de mon point de vue, est l'adoption par l'Agence Européenne de l'Environnement du produit Couvert Neigeux de Theia. Le fait que l'algorithme « Let It Snow » (LIS) ait démontré sa robustesse grâce à sa mise en œuvre opérationnelle dans le pôle a été déterminant dans cette réussite.

À votre avis, quels sont les principaux défis à relever à l'avenir pour Theia ?

Arnaud SELLÉ : Ce qui motive mon intérêt pour Theia, mais aussi pour l'idée même de pôle de données, ce sont les activités toujours renouvelées et les challenges associés. La mise en place de nouvelles infrastructures, portées par des financements obtenus à l'échelon Data Terra, par le biais du projet GAIA Data, (► Lire p. 3) va permettre d'ajouter de nouvelles collections au portefeuille Theia, notamment celles basées sur des produits RADAR Sentinel-1, et également d'accroitre l'emprise géographique prise en charge par le pôle.

De même, l'arrivée d'Anne Puissant, comme Directrice scientifique du pôle, (► Lire un portrait dans le Bulletin n°12) et la nomination prochaine d'un directeur adjoint, qui suit celle d'une nouvelle cheffe de projet CNES (► Lire Bulletin n°15), sera certainement l'occasion de relever de nouveaux défis, comme l'intégration des données de nouvelles missions spatiales sources (SWOT, Trishna, CO3D, Biomass…) ou la mutualisation avec les autres pôles dans le cadre de Data Terra.

Theia doit consolider sa notoriété nationale et régionale, mieux s'interfacer avec les acteurs économiques du secteur aval en clarifiant ses relations avec celui-ci. En particulier, Theia ne doit pas être considéré comme un concurrent des société privées, mais comme un fournisseur de données d'entrées « Analysis Ready Data » dans le cadre d'une mission de service public.

Enfin, l'échelon Inter-pôles Data Terra devrait constituer le bon cadre pour entreprendre un effort d'européanisation des activités du pôle : notamment, en cherchant à intégrer ou à compléter les projets structurants de l'Union européenne et de l'Agence spatiale européenne (ESA) afin de répondre aux enjeux de la stratégie européenne de la donnée. »

Bulletin Theia

Directrices de publication : I. Biagiotti (Theia) - T. Barroso (CNES)

Conception - réalisation : I. Biagiotti (Theia)

Ont contribué à ce numéro : N. Baghdadi, R. Bellot, J. Betbeder, B. K. Bhattacharya, F. Blarel, L. Bourrel, I. Braud, X. Briottet, T. Brunelle, T. Carlier, D. Courault, S. Dalmar, J. Darrozes, M. Despinoy, J.-F. Faure, F. Frappart, P. Gamet, S. Gascoin, V. Gond, F. Gouillon, C. Guilloud, D. Leroux, P. Lagacherie, V. Lonjou, P. Maisongrande, J.-P. Malet, J. Massenet, S. Mermoz, D. Michéa, A. Michel, R. Millan, M. Morlighem, J. Mouginot, E. Ostanciaux, E. Pointal, C. Proy, A. Rabatel, A. Rouault, J.-L. Roujean, L. Roupioz, F. Rumiano, A. Sellé, F. Seyler, A. Tran, L. Zawadzki, P. Zeiger

Nous suivre :
► www.theia-land.fr | ► @PoleTheia | ► linkedin.com/company/pole-theia

Crédit photo Une : Istanbul et le Bosphore sous la neige le 24 janvier 2022, Copernicus Sentinel-2 imagery