

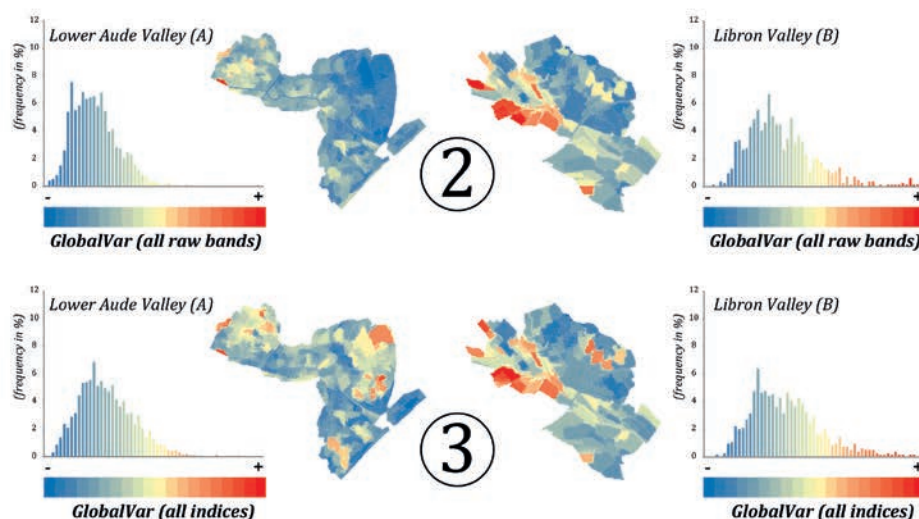
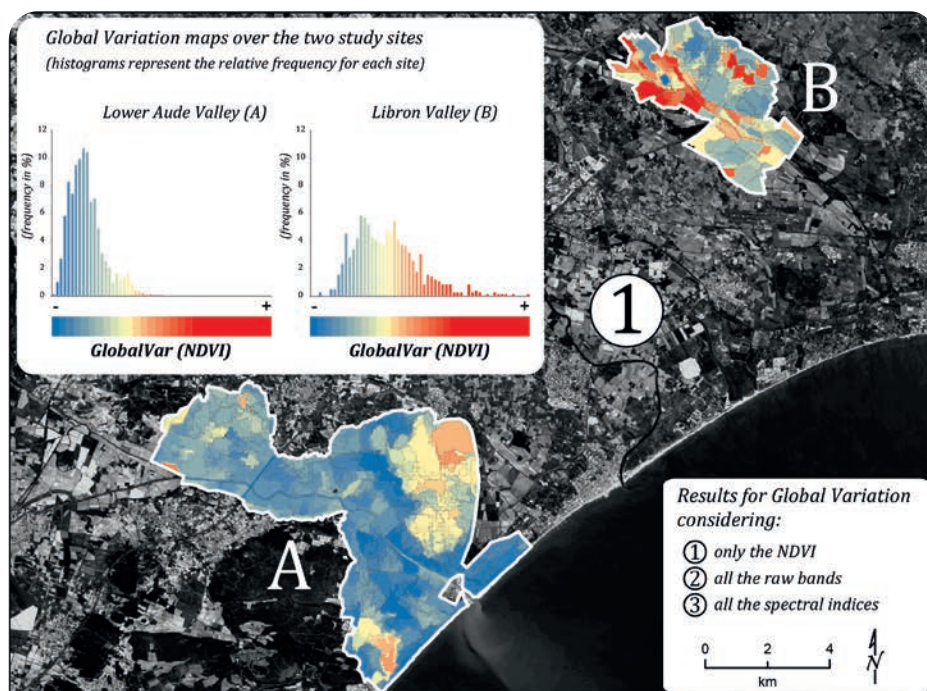
Modélisation, simulation, prévision à l'ère du big data

Aports de la télédétection et des nouvelles approches « Big data » dans la surveillance des régions côtières

Les régions côtières méditerranéennes sont des écosystèmes sensibles, importants d'un point de vue économique (tourisme, pêche, aquaculture, loisirs). Ces régions sont pourtant surexploitées et soumises à de fortes pressions environnementales et anthropiques. Aussi, leur suivi environnemental est indispensable. Les données de télédétection constituent une importante source d'informations pour la surveillance des territoires côtiers. Les observations satellitaires répétées permettent de suivre l'évolution dans le temps d'une zone de façon systématique (p. ex. changements côtiers, croissance, modification de la couverture terrestre, surveillance des habitats naturels). Quand la répétabilité des observations satellitaires est garantie (le programme Copernicus offre des images satellitaires/optiques/radar à une fréquence inférieure à la semaine), il est possible de détecter les évolutions spatio-temporelles et d'en déduire leur dynamique, mais aussi de détecter des objets d'intérêt et de les catégoriser. En outre, la télédétection produit des informations multi-sources et multi-échelles. Différents types de capteur existent (optique, radar, multispectral, hyperspectral, LIDAR) ; chacun fournit des informations complémentaires pour décrire des phénomènes physiques. Par ailleurs, l'acquisition peut se faire à différentes échelles spatiales, depuis une très haute résolution spatiale (0,5 à 1m) à une résolution moyenne (100 m).

Alors que les données de télédétection constituent une riche source d'informations, la récente science des données (*Data Mining, Machine Learning, Deep Learning*) offre des techniques et outils pour les exploiter et fournir des produits à valeur ajoutée. Les techniques de *Data Science* facilitent l'analyse automatique et la classification de grandes quantités d'informations hétérogènes. Parmi ces techniques, celles de *Deep Learning* sont adaptées pour traiter et analyser les informations à partir d'images. Elles fournissent des outils permettant de fusionner des données à de multiples échelles spatiales et temporelles et issues de différents capteurs (optique/radar/LIDAR), afin de les exploiter intelligemment dans un processus de décision. Des connaissances utiles et précieuses sont ainsi extraites à partir de données de télédétection grâce aux techniques *Data Science*. Celles-ci constituent des outils essentiels pour la surveillance des régions côtières.

Contact (TETIS) : D. Ienco, dino.ienco@irstea.fr



▲ Analyse des données scientifiques sur des séries chronologiques d'images satellitaires. La méthode utilisée en « Data Science » analyse automatiquement la zone d'étude puis, au vu des informations spatiales et radiométriques, détecte et met en évidence des zones géographiques qui évoluent de façon plus importante au cours du temps. D'après Guttler et al., 2017. Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. 130: 92-107.

Simulation de processus extrêmes : quantification spatiale du risque littoral lors de tempêtes de très forte intensité

Ces travaux répondent à un besoin industriel d'aide à la modélisation physique : le chaînage de modèles numériques et statistiques. Leur dimension industrielle est consacrée à la conception et au développement d'un prototype de plateforme de modélisation avec l'utilisation systématique d'un ordinateur haute performance (HPC). Autour des problématiques liées à la gestion du risque littoral, ces travaux démontrent et illustrent l'apport d'un travail de recherche à l'interface de ces disciplines : géophysique, informatique et mathématique.

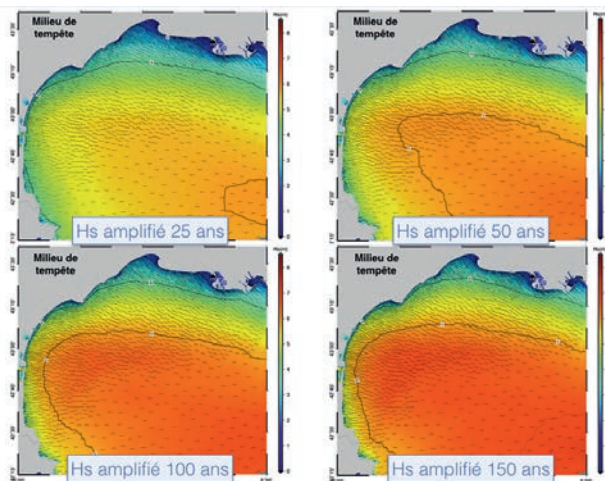
Le développement d'outils de calcul de l'hydro-morphodynamisme littoral sur ordinateur HPC étend le champ de la recherche académique à de nouvelles questions, à la fois sur les plans informatique, mathématique, océanographique et hydraulique. Le calcul massif de paramètres côtiers et littoraux en temps et en espace rend possibles la modélisation fine des processus hydro-morphodynamiques et leur étude par analyse stochastique. En zone côtière et dans le contexte méditerranéen, les vagues sont la principale source d'énergie responsable des risques et impacts. Afin d'étudier l'impact de scénarios extrêmes liés aux vagues, rares par définition, il convient de comprendre les processus physiques impliqués et d'être capable de les (re)jouer. Au cours de cette étude, a été développée une méthode semi-paramétrique ayant pour objectif de produire/simuler des champs spatio-temporels d'états de la mer extrêmes*. Cette méthode permet, d'une part, d'extraire dans les données à disposition les événements extrêmes et, d'autre part, d'en simuler de nouveaux encore plus extrêmes. Nous avons

alors accès à un nombre illimité de « scénarios catastrophes » réalistes qui peuvent être utilisés directement dans la prévision de risques : **les décideurs s'appuient sur des scénarios extrêmes simulés pour apprendre à les anticiper et accélérer leur décision en temps de crise.**

Contacts : R. Chailan (LIRMM/IMAG/GM/IBM), romain.chailan@gmail.com, F. Bouchette (GM), frederic.bouchette@umontpellier.fr, A. Laurent (LIRMM), anne.laurent@montpellier.fr et G. Toulemonde (IMAG/équipe LEMON-Inria), gwladys.toulemonde@umontpellier.fr

Plus d'informations :
GLADYS-littoral : www.gladys-littoral.org
Projet LEFE/INSU CERISE (Simulation de scénarii intégrant des champs extrêmes spatio-temporels avec éventuelle indépendance asymptotique pour des études d'impact en science de l'environnement) : <http://cerise.msem.univ-montp2.fr>

* Étude menée dans le cadre d'une thèse Cifre UM/IBM et encadrée par GM, IMAG et LIRMM. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01289184/> et <https://projecteuclid.org/euclid.aos/1507168834>



◀ **Scénarios extrêmes (correspondant à des niveaux de valeurs attendus tous les 25, 50, 100 ou 150 ans) de hauteurs significatives de vagues obtenus par simulation stochastique.** © R. Chailan, 2015

Analyse hyperspectrale et mesures LiDAR : détection des pollutions et bathymétrie de précision

Le littoral constitue une zone critique particulièrement sensible à l'action anthropique. L'ONERA développe des compétences spécifiques en télédétection optique pour caractériser et suivre l'évolution de l'activité humaine. Les applications de ces travaux concernent principalement deux aspects : la pollution marine et le développement de moyens sous-marins ou aéroportés pour caractériser la bathymétrie précise des petits fonds et de la colonne d'eau.

L'ONERA mène des activités de détection de polluants chimiques à la surface de l'eau. Une méthodologie d'identification et de caractérisation des différents types de polluants a été validée à partir de données aéroportées hyperspectrales (cf. fig.1). Cette méthode pourrait ainsi être

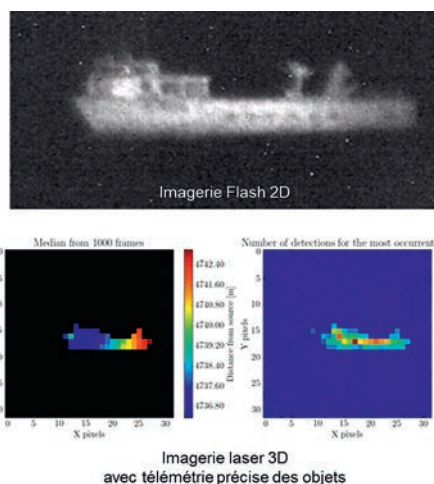
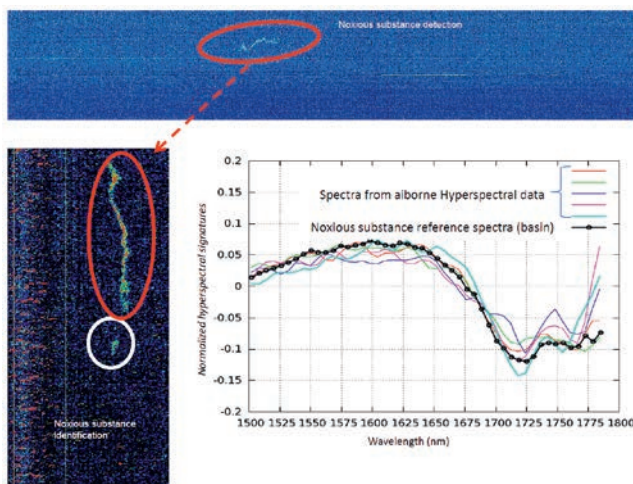
utilisée pour la détection de plastiques en mer car ils présentent tous une signature spectrale similaire (dans le domaine 1.0-2.5µm).

L'ONERA a mis au point des outils et des méthodes d'estimation des émissions d'aérosols et de gaz anthropiques sur des sites industriels qui pourraient être appliqués aux effluents émis par les bateaux. Par ailleurs, **des développements technologiques couplant imagerie laser et caméra rendent dorénavant possible la surveillance du trafic maritime sur plusieurs dizaines de km en conditions de visibilité très dégradées** (par ex. brouillard) de jour comme de nuit (cf. fig. 2).

L'ONERA dispose des compétences pour

caractériser les eaux peu profondes ou non. La détection de résurgences d'eau par mesure de différence de température de surface fournit ainsi des informations utiles à la gestion de l'eau. De plus, l'ONERA met en œuvre des méthodes pour estimer les principaux constituants de la colonne d'eau (phytoplancton, sédiments marins et matière jaune) à partir de ses moyens LiDAR immergés ou aéroportés. L'association de l'imagerie hyperspectrale et de LiDAR télémétrique ouvre la voie à une cartographie précise des fonds marins, même en présence de forte turbidité (par ex. application à l'archéologie sous-marine).

Contacts (ONERA) :
N. Rivière, nicolas.riviere@onera.fr,
P.-Y. Foucher, pierre-yes.foucher@onera.fr
et X. Briottet, xavier.briottet@onera.fr



◀ **Fig. 1. Gauche. Détection et caractérisation de polluants chimiques en mer par télédétection hyperspectrale aéroportée.** © ONERA

◀ **Fig. 2. Droite. Détection de nuit et en condition de visibilité dégradée d'un bateau à plusieurs km de portée.** © ONERA