

Enjeux et nouvelles perspectives des missions spatiales à haute et très haute résolution

pour l'étude du littoral et des estuaires

Benoit Laignel¹, Christophe Delacourt², Bertrand Lubac³, Nicolas Le Dantec⁴, Touria Bajjouk⁵

1 : UMR 6143 CNRS M2C, Département de Géologie, Université de Rouen, Bâtiment IRESE A, Place E. Blondel, 76821 Mont-Saint-Aignan, France, 0033(0)619197809, benoit.laignel@univ-rouen.fr

2 : UMR6538 CNRS LGO, Place Copernic 29280 Plouzané, christophe.delacourt@univ-brest.fr

3 : UMR 5805 EPOC, Université de Bordeaux, Pessac, France, bertrand.lubac@u-bordeaux.fr

4 : Cerema EMF, UMR6538 CNRS LGO, Place Copernic 29280 Plouzané, nicolas.ledantec@univ-brest.fr

5 : Ifremer/DYNECO, [Unité Dynamiques des Écosystèmes Côtiers](#), IFREMER centre de Brest-BP 70 - 29280 PLOUZANE – France, 0033 (0)298224156, touria.bajjouk@ifremer.fr

Les zones littorales et estuariennes sont des environnements à fort potentiel écologique et économique. Cependant, ces systèmes présentent une forte vulnérabilité face aux pressions liées à l'activité humaine, aux événements naturels extrêmes et aux changements climatiques. Ainsi, selon l'OCDE, le coût des dommages liés aux seuls aléas hydro-météo-marins a été estimé à 3000 milliards \$ ces dernières années (5% du PIB global annuel) et pourrait être multiplié par 10 en 2070. Face aux multiples risques (technologiques, inondation, submersion, érosion événementielle et tendancielle du trait de côte, modification des communautés biologiques...), les politiques d'adaptation se mettent en place sur la base de diagnostics et de scénarios scientifiques (processus/réponse/résilience) nécessitant une connaissance accrue de ces environnements.

Par ailleurs, la dynamique de ces systèmes littoraux et estuariens est complexe du fait de processus géomorphologiques, sédimentaires, hydrodynamiques et biologiques couplés. Ainsi, comprendre l'évolution de ces environnements dynamiques et complexes nécessite de caractériser dans l'espace et dans le temps les différentes interfaces : les états de mer, la composition de la colonne d'eau, la bathymétrie et les états de surface du fond pour la partie immergée du littoral et la topographie et les états de surface pour la partie émergée. La télédétection est donc un outil indispensable, comme l'illustre les différentes études menées dans le cadre du programme TOSCA du CNES.

5 projets s'intéressent principalement à ces environnements littoraux et estuariens (projets actuels ou terminés récemment) : 2 SWOT Côtier/Estuaire (1 projet terminé et 1 en cours), HYPERCORAL (HYPXIM - imagerie hyperspectrale), BIM (Sentinel-2/MSI; Pléiades 1A&1B), MIMOSA (MODIS, SPOT, Landsat-8).

Dans le cadre des deux projets SWOT menés dans différents contextes de marée (macrotidal : estuaire de Seine/côtes de la Manche, estuaire de la Gironde /côtes de l'Atlantique ; microtidal : estuaire et baie du Connecticut/côtes de l'Atlantique, Delta du Mississippi/Golfe du Mexique), la simulation de données SWOT (basée sur l'orbite et la fréquence de passage du satellite) a montré que : (1) SWOT reproduit correctement les principaux modes de

variabilité hydrologique dans l'estuaire/delta en amont (1y = cycle hydrologique, 1,5-3 mois = période de crues) ; (2) pour l'estuaire/delta en aval et les zones côtières, il existe un effet d'aliasing entre la fréquence de passage de SWOT et les composantes ter-diurnes de la marée. Après filtrage de ces composantes de marée, SWOT apparaît susceptible d'enregistrer les périodes de tempêtes.

La modélisation menée dans les estuaires de la Seine et de la Gironde (T-UGOm et TELEMAC), couplée avec le simulateur SWOT HR, indique que SWOT est susceptible de produire une bonne restitution de la variabilité des hauteurs d'eau le long de l'estuaire d'amont en aval (simulation de 12 cas hydrodynamiques contrastés combinant marée et débit du fleuve).

Les simulations du niveau de la mer, du vent, des vagues et des courants sur les côtes normandes à l'aide de DELFT 3D Flow et SWAN (pour différents scénarios dans des conditions d'énergie moyenne et extrême (tempêtes) en 2013, 2014, 2015, 2016) montrent que la meilleure résolution pour observer les structures énergétiques et leur variabilité est de 250m, et soulignent ainsi que les résolutions de SWOT à 500m (LR) et 100m HR) seront adaptées pour observer le niveau de la mer dans des conditions hydrodynamiques moyennes et extrêmes dans les zones côtières.

Parallèlement, l'apparition et la programmation de missions optiques à hautes et très hautes résolutions, spatiales et spectrales, et le développement des méthodes de traitement des données associées, ouvrent des perspectives scientifiques importantes pour consolider les connaissances des milieux littoraux et estuariens. En effet, pour cartographier les habitats, extraire des modèles numériques d'élévation (pour les fonds marins ou le trait de côte) ou encore surveiller la qualité des eaux de ces systèmes, une résolution décamétrique, voir submétrique, est indispensable.

Les missions Sentinel-2, SPOT et Pléiades semblent très bien adaptées aux environnements optiquement peu diversifiés. C'est dans ce cadre que la proposition BIM s'inscrit. L'objectif est d'évaluer le potentiel des missions Sentinel-2 et Pléiades pour la reconstruction de la bathymétrie des systèmes sableux dans une perspective opérationnelle de surveillance de leur évolution morphologique.

En parallèle, le développement de l'imagerie hyperspectrale spatiale en zone littorale peut également contribuer à la consolidation des besoins, aussi bien des scientifiques, que des gestionnaires, sur les thématiques "Biodiversité" et "Qualité du milieu", notamment pour les milieux optiquement complexes. A titre d'exemple, la mission HYPXIM pourra permettre l'extraction de paramètres physiques (bathymétrie, types de substrat, propriétés optiques de la colonne d'eau), ainsi que la caractérisation des habitats et communautés benthiques. Ces paramètres constituent une information clé pour la compréhension des processus et la dynamique des écosystèmes, notamment en zone côtière. Ainsi, il a déjà été montré le potentiel de l'imagerie hyperspectrale à (1) caractériser l'état de santé des récifs coralliens en milieu tropical, (2) cartographier les habitats benthiques et à réaliser des suivis des espèces considérées comme bio-indicatrices, tel que les herbiers de zostères ou encore du microphytobentos intertidal en métropole. S'agissant de l'aide à la gestion (mise en œuvre des directives européenne), l'approche zonale que permettrait un capteur tel que Hypxim est souvent plus adaptée que l'approche stationnelle pour alimenter certains indicateurs d'évolution et rendre compte d'un niveau de qualité à une échelle globale (biorégion).