



Etude de faisabilité du suivi environnementale par satellite du Parc naturel marin du golfe du Lion

Mathieu Gervais¹, Grégory Agin², Nicolas Aleman³, Nicolas Robin³, Hugues Heurtefeux¹, Raphael Certain³

¹EID-Méditerranée, Montpellier, France.

²Parc naturel marin du golfe du Lion, Office français de la biodiversité, Argelès-sur-Mer, France.

³Université de Perpignan laboratoire CEFREM, Perpignan, France.

Génèse du projet

La surveillance et la caractérisation du milieu marin, du trait de côte, de l'artificialisation du littoral, des habitats benthiques ou bien encore de la qualité physico-chimique de l'eau (turbidité, plancton, etc.) s'inscrivent dans les objectifs prioritaires du Parc naturel marin du golfe du Lion (PNMGL) à travers son plan de gestion et les indicateurs associés.

Le projet SENVISAT (Suivi ENVironnemental par SATellite), visait à vérifier la faisabilité de la mise en œuvre d'un suivi de plusieurs **indicateurs côtiers** par imagerie satellite, qu'ils soient terrestres avec l'évolution du littoral sableux et de la couverture végétale dunaire, ou marin avec l'évolution des fonds et des herbiers, et la quantification des panaches turbides et de la chlorophylle présente dans les eaux côtières. Ce projet traite de ce continuum terre-mer très influencé par les forçages météorologiques et les apports fluviaux, où l'homme est intervenu avec une diversité d'aménagements et d'infrastructures qui ont modifié les dynamiques naturelles du milieu. Le projet a été programmé en 2016 par le PNMGL, pour une durée de 3 ans et a été monté en partenariat avec le pôle littoral de l'EID Méditerranée, l'Université de Perpignan (CEFREM), et l'Observatoire de la côte sableuse catalane.

Les résultats de ces travaux permettent de valider de nouveaux outils simples pour le suivi environnemental du littoral et des paramètres fondamentaux d'une gestion dite « intégrée » de l'espace côtier, servant autant au Parc (set d'indicateurs) qu'à l'ensemble des services nationaux et régionaux œuvrant sur les littoraux.

Quelques résultats choisis

Senvisat est un projet de test des dernières possibilités des capteurs satellites. Concernant la dynamique sédimentaire et les modifications du littoral, une bonne résolution est nécessaire. Deux types de capteurs peuvent être utilisés :

- Les capteurs d'acquisition automatique de haute résolution spatiale (HRS) type Sentinel-2, Spot 6-7, ou encore Landsat 8. La résolution de ces satellites, inférieure ou égale à 15 m de pixel, permet de suivre les mouvements des grandes structures sableuses de type flèches sableuses, deltas, ou barres d'avant-côte sous-marines (bancs de sable de déferlement des vagues avant la plage visualisés par transparence de l'eau). L'utilisation de ces capteurs dans



le cadre d'un suivi morphologique de ces objets, nécessite des évolutions très morphogène (ex.: déplacements $\gg 10$ m) pour contrecarrer la résolution des capteurs.

- Les images de très haute résolution spatiale (THRS) telles que celles fournies par les satellites Pléiades (ou d'autres capteurs d'organisations non-européennes du type de Kompsat-3, SuperView-1, GeoEye-1, ou encore WorldView 1 et 2). Ces images de résolution avoisinant 0,5 m permettent de remplacer le suivi réalisé auparavant avec des images aériennes, avec un temps d'acquisition et un budget plus intéressant.

Les images Pléiades ont été utilisées dans ce projet afin de démontrer leur grand intérêt pour cartographier finement **le trait de côte**, à une échelle régionale et avec une périodicité annuelle (ex. : environ 200 km de côte), ou de manière plus spontanée pour répondre à des situations exceptionnelles, après une tempête de forte ampleur par exemple. Suivre le trait de côte (TdC) en Méditerranée par la position de la ligne d'eau se montre particulièrement pertinent. En milieu micro tidal, il est fréquent que la mer soit calme. La position du trait de côte avoisine l'altitude 0 m NGF. La largeur de plage, comprenant sa surface entre la dune et la mer, devient un indicateur ou « proxy » qui se rapproche du budget sédimentaire (volumes) des plages à grande échelle spatio-temporelle. Celui-ci reste très estimatif parfois à l'échelle locale/événementielle, mais il permet de traiter rapidement la totalité d'une grande cellule sédimentaire de plusieurs dizaines de kilomètres.

Une comparaison des méthodes et d'outils d'acquisition de trait de côte (« benchmarking ») (Figure) est alors proposée (levé de terrain, photo-interpretation, extraction semi-automatique). Les résultats montrent un différentiel de +/- 2 m entre le positionnement de la ligne d'eau entre un levé synchrone au DGPS (passage d'un opérateur au milieu de la zone dite de jet de rive des vagues sur la pente frontale de la plage) et le trait de côte extrait de manière semi-automatique ou par photo-interpretation. La principale source d'erreur provient de la définition exacte de la limite terre-mer (Figure A et B). Un opérateur humain, que cela soit en photo-interpretation, ou sur le terrain avec un GPS, pourra considérer que la limite se situe en haut de la zone mouillée (battue par les vagues), ou encore au centre de la zone.

Les ouvrages de défense contre la mer modifient la position du trait de côte sur de courtes distances créant potentiellement des zones submersibles en fonction des conditions météo-marines. Des écarts importants sont apparus, au niveau des tombolos sableux en arrière des brise-lames ou des petits bancs de sable peu profonds des zones d'embouchure ou de fond de baies, lors de ce « benchmarking » (Figure B et C). Enfin, des zones de déferlement de grande étendue proche du bord font apparaître également de grands écarts de positionnement de trait de côte par comparaison de ces trois méthodes. Après avoir testé l'extraction semi-automatique avec une chaîne de traitement Python complexe, appelant une classification supervisée sur les 4 bandes spectrales de Pléiades, en ajoutant un néo-canal NDVI et des indices texturaux, il s'est avéré qu'un simple seuillage sur des indices de type NDVI ou NDWI permettait d'ajuster de manière plus rapide et plus efficace le « modèle », détectant la limite plage-mer, à la condition du jour de l'image et du site. Ce simple seuillage permet d'éviter des détections trop sinueuses du trait de côte, incluant



parfois des zones de déferlement (ex. : Figure D). Il est conseillé d'utiliser une extraction automatisée sous contrôle uniquement d'un opérateur expert.

Par ailleurs, la photo-interprétation de la position des barres d'avant-côte, s'est révélée tout à fait intéressante en comparaison avec un levé bathymétrique classique à l'aide d'un sondeur mono-faisceau (durée, cout, difficulté de navigation...). Bien qu'il ne soit pas encore possible d'obtenir un MNT par imagerie satellite avec une précision suffisante pour estimer les variations de volumes sableux, la cartographie de la complexité des formes tridimensionnelles des barres et chenaux imbriqués est envisageable avec une fréquence de suivi intéressante dans le cas d'image Sentinel-2 par exemple.

Enfin, la détection de la végétation présente sur les dunes, les bois flottés sur la plage, et la présence d'herbiers de posidonies avec les images Pléiades a également été testée. La classification supervisée permet d'obtenir de manière efficace un taux de recouvrement par la végétation dunaire. Par contre, il n'est pas encore possible, en Occitanie, de proposer une séparation rigoureuse des principales espèces du cortège végétal de la dune. La détection des herbiers de posidonies est possible mais limitée aux sites moins profonds (tranche 0-5 m, ce qui est rare). Elle nécessite une eau claire, ce qui reste difficilement prévisible lors de commande d'image THRS. La détection du bois flotté et de sa surface de recouvrement sur la plage est très satisfaisante avec les images Pléiades. En cas de forts apports sur les plages, comme dernièrement avec la tempête Gloria, des premières estimations d'urgence, moins précises, sont possibles avec Sentinel-2, qui offre une actualisation automatisée et fiable (capteur non contraint par différentes commandes).

Conclusion

Avec une rythmicité et une échelle spatiale importante pour un coût plus supportable que les outils et méthodes traditionnelles, l'outil satellite permet de suivre : trait de côte ; impact d'une tempête exceptionnelle sur l'érosion de la plage et de la dune ; ouverture de brèches ; dépôt de bois flottés sur la plage suite à des fortes crues (épisodes cévenols) ; évolution de la végétation dunaire et de son recouvrement ; panaches de turbidité et phytoplancton en mer ; travaux de rechargement et d'ingénierie sur les plages et en mer (pour tout cela, voir la présentation oral qui illustrera ces propos). Toutefois, certaines problématiques ou certains indicateurs (variation exacte des volumes sableux) ne peuvent pas se satisfaire de ces technologies nouvelles et ont encore besoin de recourir à des observations plus directes (topo-bathymétrie ; photogrammétrie drone-ULM, LiDAR aéroporté).

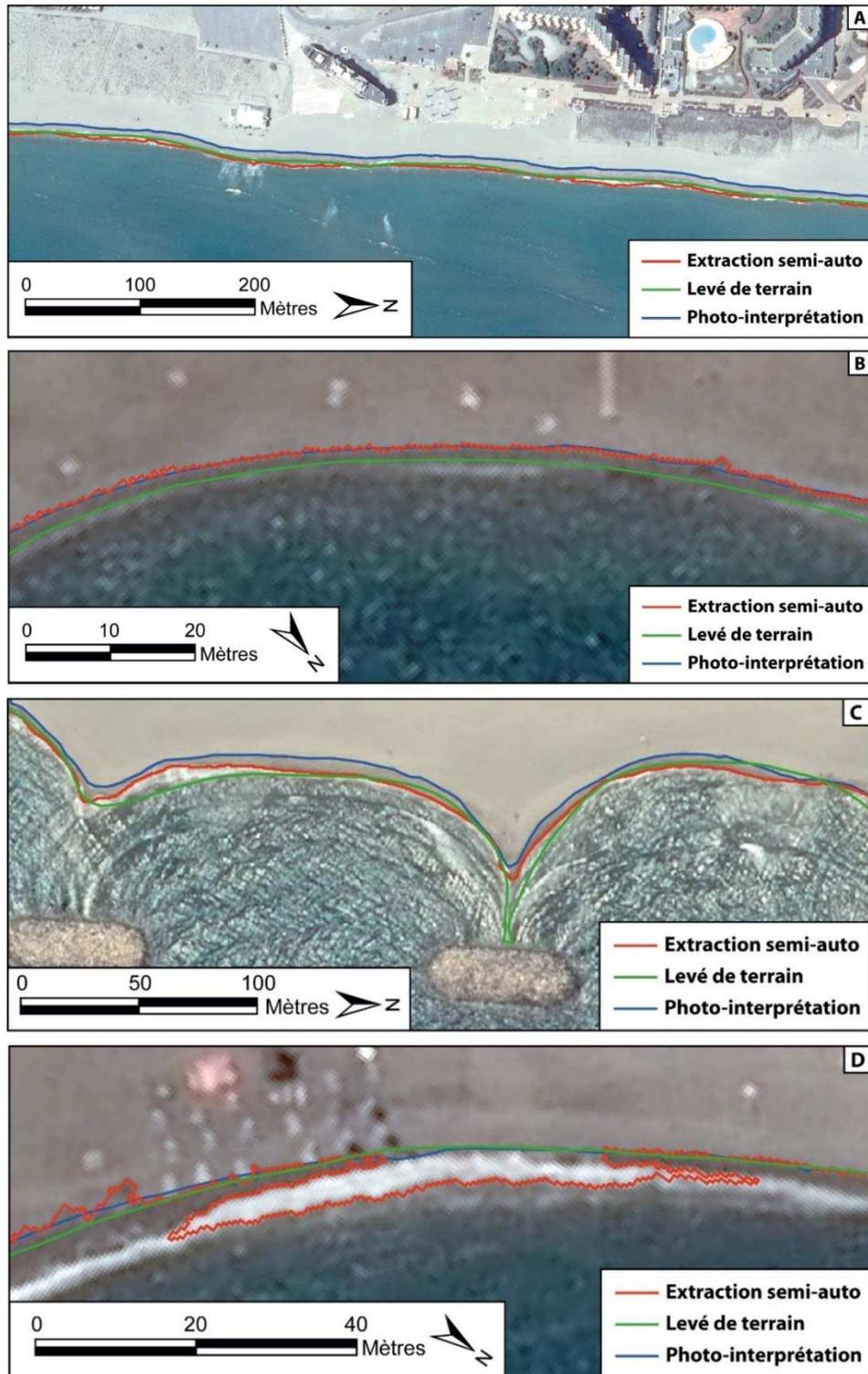


Figure 1 : Photos satellites Pléiades © CNES/AIRBUS/IGN et comparaison des méthodes de levés du TdC : méthode de télédétection (extraction semi-automatique) ou photo-interprétation, face au levé terrain effectué au GPS-différentiel-RTK. Résultats variables selon les zones côtières, l'environnement, et les différents types de plages, montrant la nécessité d'une expertise sur la méthode utilisée et une adaptation des algorithmes de détection.