

OBSERVATION ET GESTION DU LITTORAL

Suivi du trait de côte

LA TECHNOLOGIE AU SERVICE DU SUIVI DU LITTORAL

COLLECTE DE DONNÉES PAR DRONE ET MODÉLISATION 3D DES PAYSAGES CÔTIERS

Ile de la Réunion



Google Maps

Porteur d'expertise : Région Réunion

REGION REUNION
www.regionreunion.com

Statut : Entité publique

Localisation : Ile de la Réunion

Contact: Stéphane Guyard, Matthias Belus, Pierre Tessier

Courriel : stephane.guyard@cr-reunion.fr, matthias.belus@cr-reunion.fr, pierre.tessier@cr-reunion.fr

Site web : www.regionréunion.com

Autres partenaires impliqués : IRD, Université de la Réunion

En partenariat avec

COMMISSION DE L'OCÉAN INDIEN

RECOS RÉSILIENCE CÔTIÈRE

AFD AGENCE FRANÇAISE DE DÉVELOPPEMENT

FFEM FONDS FRANÇAIS POUR L'ENVIRONNEMENT MONDIAL

CONTEXTE ET ENJEUX DE LA PRATIQUE

L'île de La Réunion est un territoire fortement exposé aux phénomènes météorologiques (cyclones, vents forts, houles,…) impactant le territoire et notamment la bordure littorale. L'amélioration de la connaissance de ces phénomènes vise à prévenir leur occurrence et à réduire la vulnérabilité.
C'est ce que permet l'utilisation du drone, un outil qui sert à réaliser une cartographie précise du domaine littoral. La Région Réunion s'est dotée depuis 2018 de solutions drones et dispose d'une expertise en photogrammétrie pour cartographier la zone littorale et reconstituer la morphologie d'un site à très haute résolution spatiale. Elle s'est par ailleurs dotée d'un outil de simulation et d'aide à la décision rendant possible la représentation des maquettes interactives en 3D, y compris sur le littoral, à partir des données issues de la photogrammétrie.

DESCRIPTION DE LA PRATIQUE

Etape 1 : Acquisition et analyse des données photogrammétriques par drone

L'objectif des relevés photogrammétriques par drone est de pouvoir réaliser des suivis multi-temporels du domaine littoral, de comparer les produits et d'en analyser les écarts. Pour collecter ces données, la Région Réunion utilise plusieurs drones de type multirotor et à voilure fixe, équipés de différents capteurs en fonction des usages. Dans le cadre du suivi du domaine littoral, un drone équipé d'une caméra RVB avec stabilisation gimbal 3 axes est suffisant. Ces capteurs, les plus économiques, sont dotés d'une haute résolution spatiale pouvant atteindre 2 à 3cm/pixel avec un recouvrement longitudinal de 80% et latéral de 60% entre les clichés pour garantir une reconstruction 3D optimale. À noter que les images drones peuvent être complétées par des transects avec GPS. Une fois les données collectées, 2 méthodes d'analyse sont possibles :

- La première méthode consiste à superposer plusieurs orthophotographies rectifiées géométriquement, puis à comparer l'avancement ou le recul du trait de côte par analyse spatiale vectorielle. Cette analyse 2D permet de quantifier les variations horizontales du littoral avec une précision de l'ordre de 10-20 cm.
- La seconde technique, complémentaire, consiste à comparer un récent modèle numérique de terrain (MNT) à un modèle plus ancien, pour mettre en évidence et quantifier les différences altimétriques (zones d'érosions et d'accrétions). Cette analyse en 3D par différentiel permet de calculer les volumes de sédiments déplacés et d'établir un bilan sédimentaire précis du système littoral.

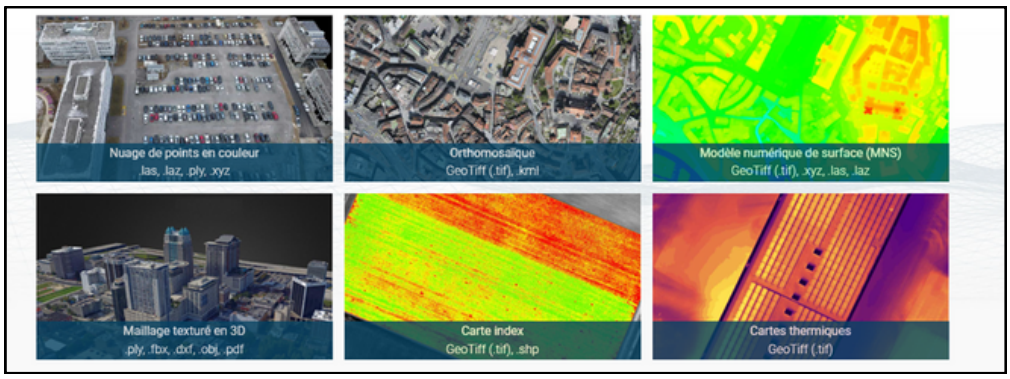


QUELS DÉFIS ?

Bien qu'ils ont relativement baissé depuis une dizaine d'années, les coûts d'acquisition des drones peuvent représenter un défi important. Il faut compter environ 6000 € pour acquérir un drone professionnel photogrammétrique, et prendre en compte les coûts logiciels pour le traitement des données. S'agissant de la modélisation paysagère 3D, elle nécessite des outils plus onéreux bien que certains soient en open source mais nécessitant une prise en main complexe.

Etape 2 : **Modalisation 3D du paysage côtier**

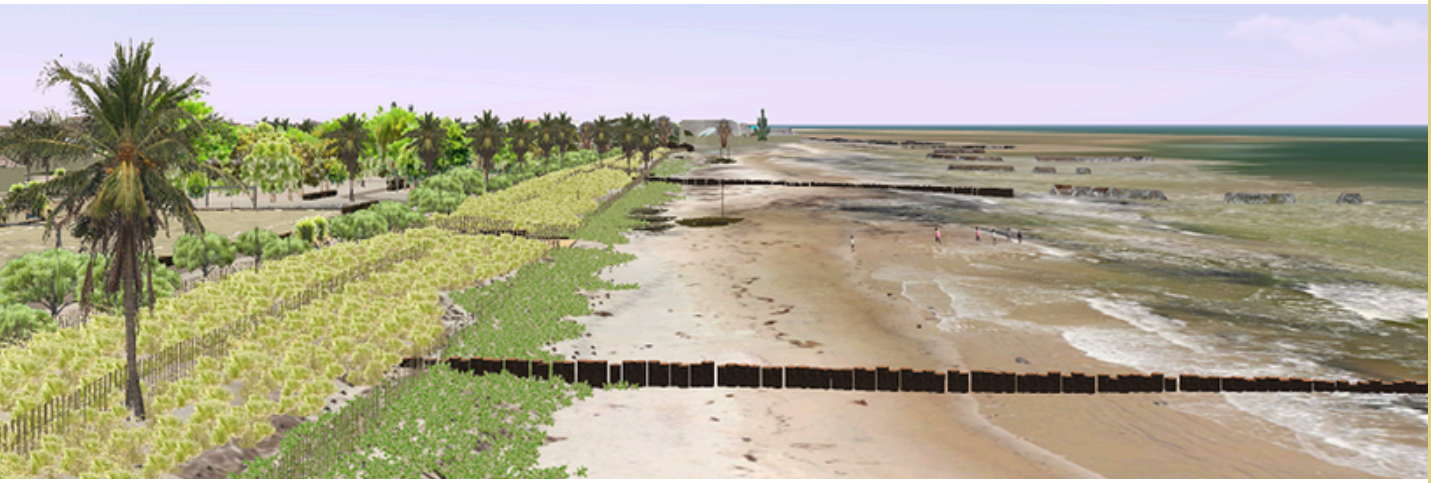
Un traitement photogrammétrique est réalisé par le moyen du logiciel Pix4D Mapper dont s'est dotée la Région Réunion (il en existe bien d'autres, tel que Landsim, utilisé dans le cadre du Projet d'Aménagement du Littoral de Morondava ou PALM (voir ci-dessous). Les experts procèdent donc a une modélisation paysagère virtuelle, qui consiste à superposer des couches d'informations cartographiques 2D au MNT en 3D. Les images aériennes par drones sont donc transformées en modèles 3D, sur lesquels sont rajoutés des objets (bâtiments, ponts, routes, végétations, ...) afin de créer une maquette 3D. Les résultats sont obtenus avec une précision inférieure au centimètre grâce à la mise en place de mires et à la prise de points par GPS différentiel centimétrique.



Produits obtenus grâce à Pix4D Mapper

BÉNÉFICES SOCIO-ENVIRONNEMENTAUX

La représentation 3D facilite la compréhension et l'appropriation par les citoyens et les décideurs des projets littoraux. Les différentes maquettes proposées permettent d'identifier en amont le ou les scénarios d'aménagement les plus appropriés. La Région Réunion a ainsi développé différentes maquettes en réponse aux besoins exprimés et notamment pour simuler l'impact des phénomènes d'érosions et de submersion côtière à la Réunion ou encore dans le cadre de projets d'aménagement du littoral, tels que le projet PALM à Madagascar en lien avec les changements climatiques.



Simulation 3D réalisée dans le cadre du projet PALM sur le littoral de Morondava, avec le logiciel Landsim.

POUR RÉPLIQUER LA PRATIQUE

- Planifiez une méthodologie de suivi, en définissant par exemple des points de repère fixes pour le suivi temporel, en établissant des protocoles standardisés (hauteur de vol, recouvrement des photos).
- Familiarisez-vous avec la réglementation aérienne locale et vérifier les autorisations nécessaires pour les zones côtières si existantes;
- Voici des exemples de marques de drones préconisés pour le suivi du littoral :
  - un DJI phantom 4
  - un DJI matrice M210 RTK
  - un DJI mavic 2 pro
  - un DJI Mavic 3 entreprise RTK



Modèle DJII mavic pro

- Pour analyser les nuages de points (fonction intégrée au logiciel Pix4d ou Landsim), il existe des logiciels opensource comme Cloudcompare.
- Pour les relevés GPS, il est possible d'utiliser des stations centipèdes

Pour information, l'ensemble des données photogrammétriques produites par la Région Réunion sont disponibles en consultation sur le portail open data de la collectivité (1). Il existe également des logiciels de modélisation paysagère 3D en open source comme Opendronemap (2).

1

2



L'APPROCHE INNOVANTE

Le drone

Il permet d'obtenir des images à très haute résolution (quelques centimètres) là où les satellites par exemple offrent généralement une résolution de plusieurs mètres. Cette précision peut être renforcée par l'utilisation de stations centipèdes pour les relevés GPS, permettant un géoréférencement précis des données acquises. Ainsi, cette combinaison drone et station centipède améliore significativement la précision du positionnement des observations ce qui donnent des mesures précises de la topographie et de la végétation du littoral par exemple. Le drone offre aussi une flexibilité temporelle dans la mesure ou il peut être déployé à la demande, permettant des observations fréquentes et régulières à moindre coût. Il requiert également moins de personnel nécessaire pour couvrir de grandes zones. Les drones excellent également par leurs capacités techniques spécifiques. Ils peuvent voler à basse altitude et capturer des vues obliques, offrant ainsi une perspective différente des vues verticales satellitaires.

La modélisation 3D des paysages côtiers

La modélisation 3D par drone constitue une innovation majeure pour le suivi du littoral. Elle permet une analyse quantitative précise des changements morphologiques du littoral (volumes de sédiments déplacé, taux d'érosion, etc) et offre une visualisation multidimensionnelle du terrain qui aide à mieux comprendre les processus côtiers en jeu. De plus, l'automatisation du traitement des données permet un suivi plus efficace et rapide que les méthodes traditionnelles. Cette automatisation représente un gain de temps considérable par rapport aux méthodes traditionnelles de relevé topographique. Enfin, cette approche facilite également le partage et l'archivage des données. Les modèles 3D constituent une base de données historique permettant de revenir sur des situations passées et de comparer l'évolution du littoral sur différentes périodes. Ils peuvent être facilement partagés entre différents acteurs et utilisés pour la communication auprès du grand public ou des décideurs.

ILLUSTRATION DE LA BONNE PRATIQUE

PAR UNE OPÉRATION D'ÉCHANGES D'EXPÉRIENCES





Les bénéficiaires de l'échange

- **Direction de l'Aménagement du Territoire, de l'Urbanisme et de l'Habitat des Comores** (DATUH), Comores, M. Nair Aboubacar : aboubacarnair@gmail.com
- **Institut national en hydrographie et information géographique** (FTM), Madagascar, Mme Michelle H. RAHAJANIRINA : rhajak2020@gmail.com
- **University of Mauritius**, Mme Manta Nowbuth : mnowbuth@uom.ac.mu



Station SEAS-OI, St Pierre, La Réunion

26 au 30 octobre 2023

Une délégation régionale composée d'experts issus de Maurice, des Comores et de Madagascar s'est rendue à La Réunion pour découvrir les solutions de suivi du littoral par drone. Celles-ci ont été présentées dans un cadre à la fois théorique et pratique sur la station SEAS-OI. L'opération d'échanges a également offert aux participants d'effectuer des visites sur plusieurs sites côtier exposés à différents enjeux dont l'érosion.



DÉROULEMENT DE L'OPÉRATION

La formation aux outils de suivi du littoral s'est déroulée en 3 parties :

1. Présentation de la photogrammétrie et des activités drone de la Région Réunion
2. Formation à l'utilisation d'un drone et utilisation du GPS centimétrique pour la photogrammétrie en milieu littoral.
3. Présentation des outils de simulation et d'aide à la décision permettant de représenter des maquettes interactives en 3D sur le littoral.

TÉMOIGNAGE

"Les échanges avec les experts de la Région Réunion et de l'IRD nous ont permis de comprendre l'importance cruciale du lien entre le suivi et la gestion spécifique du littoral. Auparavant, notre approche se limitait à une gestion des terres via les SIG, sans prendre en compte les particularités du milieu côtier. La formation à l'utilisation du drone s'est révélée particulièrement enrichissante : nous avons pu à notre retour à Madagascar transmettre ces compétences à nos agents. Cet outil s'avère désormais indispensable dans notre processus de mise à jour de la ligne de référence du littoral en cours." MICHELLE H. RAHAJANIRINA (FTM)