

Application de la télédétection rapprochée par drone à l'étude de la morphologie littorale : le suivi des îlots du lagon de Nouvelle-Calédonie

Thierry HOIBIAN¹, Emmanuel SCHNEITER², Pascal DUMAS¹.

1. Université de la Nouvelle-Calédonie, ISEA – EA7484, BP R4 98851, Nouméa Cedex, Nouvelle-Calédonie. thierry.hoibian@univ-nc.nc.
2. Gypaete Aerial Association. [<http://gypaete-nc.com>]

Résumé :

La télédétection rapprochée haute résolution par drone est appliquée à l'étude de la morphologie littorale des îlots du lagon néo-calédonien et comparée aux autres méthodes de suivi du littoral. Le projet EMIL de suivi des îlots du lagon calédonien, s'inscrit dans un programme plus général d'étude conduit par l'Observatoire du Littoral de Nouvelle-Calédonie. Ce type de recherche a eu lieu aussi aux Iles Loyauté dans le cadre d'un projet MOM "Mise en place d'un réseau participatif de suivi du rivage" (COHEN *et al.*, 2016). Le lagon néo-calédonien sud comporte plus de 150 îlots dont 28 sont suivis par le Service Géologique de la Nouvelle-Calédonie (SGNC) en collaboration avec l'Université de la Nouvelle-Calédonie (UNC) pour la géomorphologie et l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD) pour la partie hydrodynamique, pour deux îlots proches de Nouméa; Larégnère est Mbé Kouen.

Mots clés: Etudes littorales, Topographie, Plages, Drones, Nouvelle-Calédonie.

Abstract:

High-resolution close-up drone teledection is applied to the study of the littoral morphology of the islets of the neo-caledonian lagoon and compared to other methods of coastal survey. The EMIL monitoring project for the New Caledonian lagoon is part of a more general study program conducted by the New Caledonia Littoral Observatory (OBLIC). This type of research also took place in the Loyalty Islands as part of a MOM project "Setting up a Participatory Shoreline Monitoring Network" (COHEN *et al.*, 2016).

The south lagoon of New Caledonia has more than 150 islands of which 28 are monitored by the Geological Survey of New Caledonia (SGNC) in collaboration with the University of New Caledonia (UNC) for the geomorphology and the Institute for Research for Development (IRD) for the hydrodynamic part, for two islets near Nouméa: Larégnère and Mbé Kouen.

Key words: Coastal monitoring, Beaches Survey, UAVs, New-Caledonia.

1. Introduction :

Le lagon néo-calédonien sud comporte plus de 150 îlots dont 28 sont suivis par le Service Géologique de la Nouvelle-Calédonie (SGNC) suivant les méthodes définies par (GARCIN & VENDE-LECLERC, 2016), en collaboration avec l'Université de la Nouvelle-Calédonie (UNC) et l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD) pour la partie hydrodynamique. Parmi ces îlots, l'îlot Larégnère situé à proximité de Nouméa (8 miles) a fait l'objet d'études plus approfondies, notamment sur le plan de la morphologie et de la dynamique sédimentaire. De dimensions réduites, de l'ordre de 240 mètres de long sur 90 m de large, avec une élévation à peine supérieure à 3,20 m au-dessus du niveau de la mer, l'îlot Larégnère repose sur un soubassement corallien beaucoup plus étendu de 6 km de large (BRICQUIR, 2017).

Lors de la sortie du le 2 novembre 2016, différentes techniques ont été utilisées pour réaliser le levé topographique de cet îlot, proche de Nouméa :

Le premier mode de levé, assuré par le Service Topographique de la Province Sud (BT Sud), est réalisé par GPS Différentiel haute précision sur la base d'un carroyage à pas décimétrique.

La seconde méthode utilisée a été la méthode du cadre développée par EMERY (1961). Elle utilise d'un cadre rectangulaire en tubes pvc, équipé d'un niveau à bulle, dont les pieds coulissent. Le cadre est déplacé de sa longueur à chaque étape à partir d'un point d'altitude connue. Le dénivelé est noté chaque étape ce qui permet de reconstituer un profil de plage.

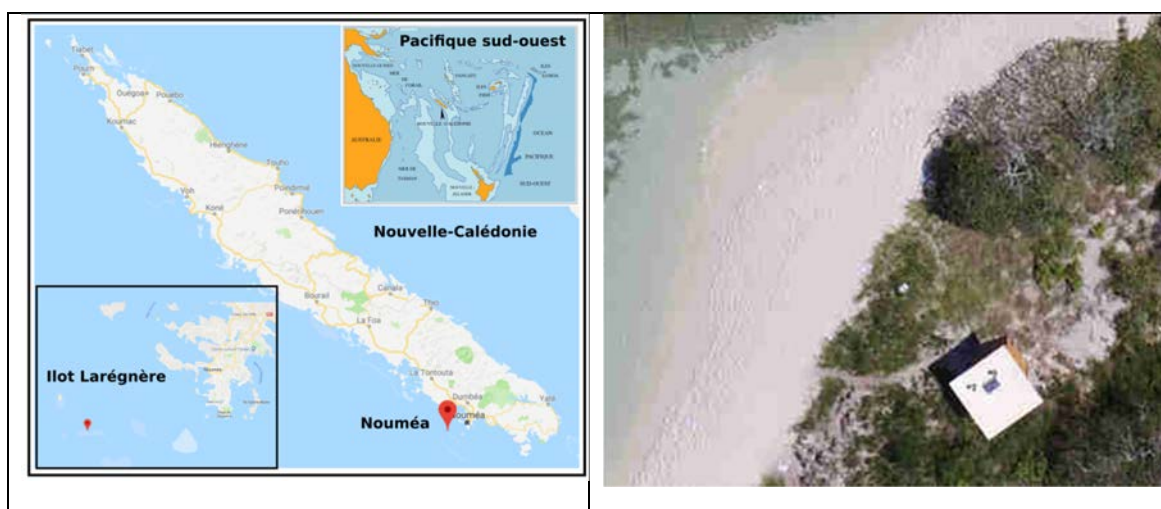


Figure 1. Localisation de l'îlot Larégnère

Figure 2. Exemple de prise de vue.

L'opération de levé par drone (DJI - Phantom 3) est la plus simple ; un circuit aérien est programmé dans le logiciel de pilotage de la machine et l'appareil effectue sa mission automatiquement. Du fait de la précision relative du GPS embarqué, des mires de

photogrammétrie sont disposées à intervalle régulier sur terrain à lever. Les coordonnées de ces mires sont relevées au DGPS haute précision. Les images prises par le drone sont intégrées dans le logiciel de photogrammétrie Agisoft – Photoscan.

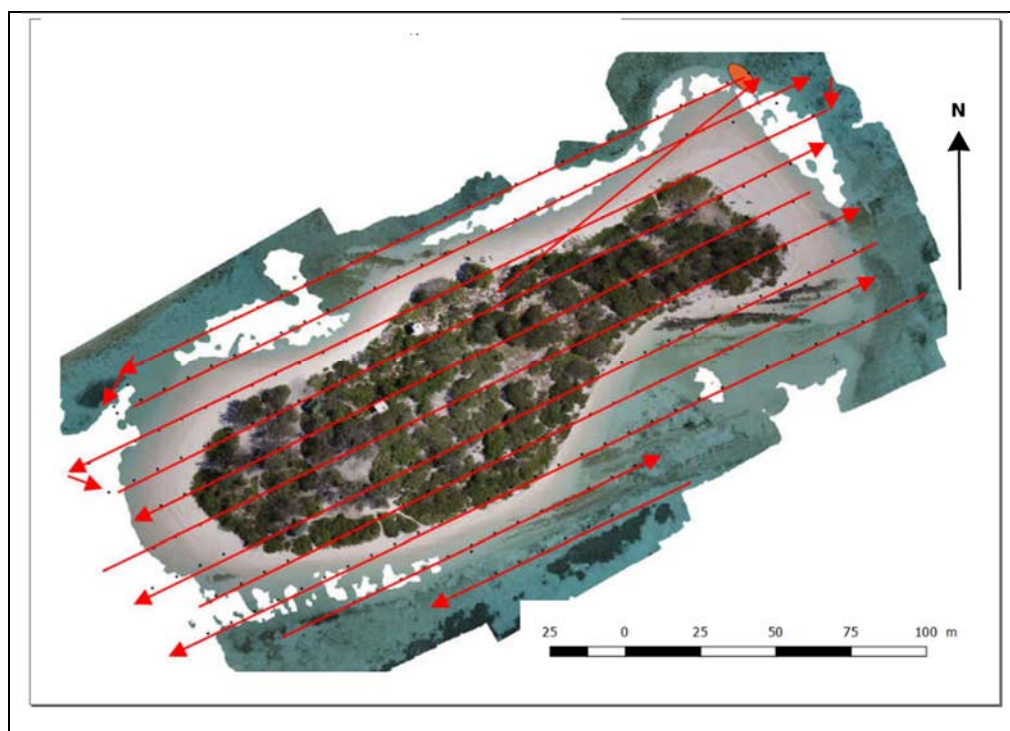


Figure 3. Trajectoire suivie par le drone pour le relevé photogrammétrique.

2. Le processus photogrammétrique :

Pour rappel, la photogrammétrie ou "mesure de la géométrie à partir de photographies" est une technique déjà ancienne (150 ans) inventée par Aymé Laussedat. Cette méthode a servi pour pour l'architecture, la stéréorestitution des photos aériennes, la cartographie, etc. Elle a été réactualisée par la révolution du numérique, notamment les appareils de prise de vue et les logiciels de calcul matriciels.

A titre d'exemple est décrit le processus de traitement de la restitution photogrammétrique de l'îlot Larégnère levé lors de la sortie du 02/11/2016. Deux vols automatiques sont conduits sur cet îlot par E. SCHNEITER de l'association Gypaete, avec un Phantom 3 de marque DJI. Ce quadricoptère doté d'une caméra grand angle, à forte rapidité de prise de vue, est piloté de façon automatique par le logiciel "Drone Deploy". Ce logiciel gérant la "photogrammétrie" contrôle à la fois la trajectoire du drone et la fréquence de prise des photos. Le premier vol à une altitude d'environ 30 m, d'une durée de 12 minutes, a produit 393 photos en 4000×3000 pixels à la résolution de 72×72 dpi. Le second vol à 50 m s'est révélé inexploitable. Un vol à prise de vues obliques a été réalisé par l'UNC, avec un Phantom 2, de marque DJI, équipé d'une caméra GoPro à objectif fisheye, pour compléter le levé.

Thème 3 – Instrumentation, mesures, imagerie et télédétection



Figure 4. Levé au cadre sur la plage sud de l'îlot Larégnère.

Figure 5. Station de base du DGPS sur la plage nord de l'îlot Larégnère.

Les images validées sont assemblées par le logiciel Agisoft Photoscan, suivant le principe de l'extraction de points de liaison qui détermine des points de correspondance entre les images.

Les étapes du traitement sont définies dans un fichier "batch" (liste de commandes) selon un ordre bien précis et des options clé ; Alignement des images, < sparse cloud>, optimisation de l'alignement <optimize alignment>, création du nuage de points <dense cloud>, création de la grille <mesh>, création de la texture, <texture>.

La calibration des aberrations de l'objectif, qui est un des points clé du traitement, est réalisée de façon automatique par le logiciel sur le groupe d'images.

La durée du traitement varie selon le nombre de photos et la finesse de la résolution demandée. Elle peut atteindre plusieurs heures voire plusieurs jours si la zone est très étendue.

Suivant ce déroulement des opérations, le programme reconstitue un modèle 3D de grande précision, pour peu que le recouvrement des images soit suffisant (> 70%) (figure 7). La création du MNE et de l'orthophoto nécessite que le modèle créé soit géoréférencé, ce qui demande plusieurs interventions manuelles :

La première intervention consiste à identifier les points de contrôle au sol (GCP) sur les photos. Lorsqu'un point est identifié, un symbole s'affiche sur la photo et sur le modèle, indiquant la position de la mire et son numéro.

La seconde intervention consiste à établir une correspondance entre les points de contrôle du modèle et leurs coordonnées relevées par DGPS, avec une précision centimétrique.

Le logiciel effectue alors le géo-référencement du modèle et le calcul de l'erreur RMS globale de calibration. Pour chaque point retenu, le logiciel affiche l'erreur de relative ainsi que sa contribution au géo-référencement de l'ensemble. Ceci permet de détecter des aberrations et des erreurs et d'ajuster le modèle au mieux. Tous les points reconstruits se trouvent ainsi géo-référencés en trois dimensions dans le système de coordonnées géographiques choisi lors de l'opération, en Nouvelle-Calédonie, le RGNC93 - Lambert NC.

La précision des résultats est le plus souvent excellente (centimétrique à décimétrique) ainsi que le niveau de détail avec une densité de point pouvant atteindre 1800 points/m².

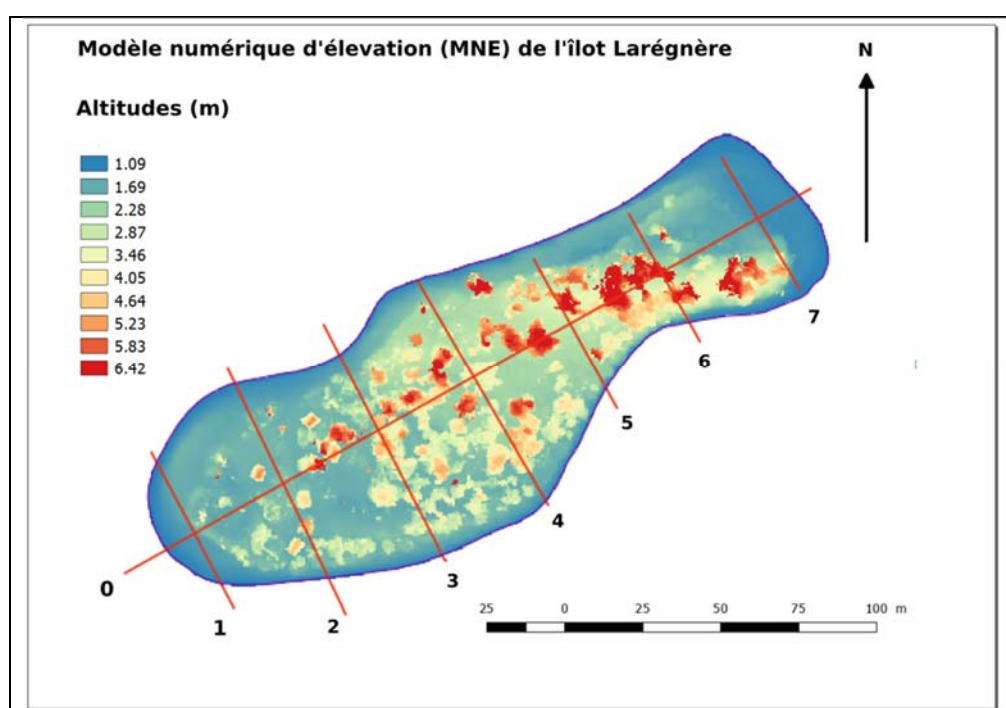


Figure 6 : Modèle numérique d'élévation (MNE) de l'îlot produit par le logiciel Photoscan (Agisoft).

Le logiciel produit nombre de documents et de fichiers qui peuvent être exportés dans différents formats :

- le fichier des points .xyz suivant le système de coordonnées choisi,
- le modèle 3D en différents formats dont le .ply qui peut être relus par d'autres logiciels (dont Meshlab et Cloud Compare développé par EDF),
- l'orthophoto géo-référencée suivant le modèle choisi,
- le modèle numérique de terrain DEM géo-référencé,
- un rapport de traitement rappelant la précision du traitement.

L'orthophotographie géo-référencée et le DEM produits peuvent être insérés dans un SIG pour habillage de cartes et traitements complémentaires. En particulier, un des inconvénients de ce mode de restitution est la prise en compte du couvert végétal qui

Thème 3 – Instrumentation, mesures, imagerie et télédétection

n'est pas levé par topographie DGPS. Le logiciel Photoscan offre une possibilité de classification du nuage de points pour la différenciation de la végétation et du terrain. Le SIG permet aussi de réaliser la sélection de zones non végétalisées à partir du DEM, par analyse de pentes et de la rugosité. Il réalise aussi le tracé de courbes de niveau et des coupes de terrain qui sont utilisées pour comparer les résultats avec les données issues des autres méthodes de levé.

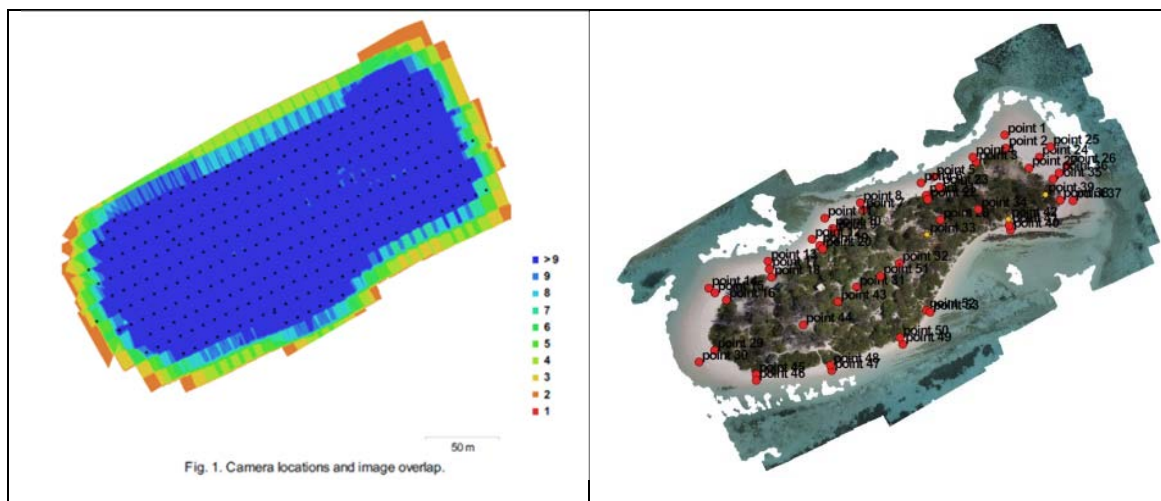


Figure 7. Taux de recouvrement des photos utilisées dans l'assemblage.

Figure 8. Position des points de contrôle au sol sur l'îlot Laragnére.

3. Comparaison entre les méthodes.

Une évaluation de la précision du résultat de la photogrammétrie a été réalisée en comparant les altitudes entre les MNE les points mesurés par DGPS (Δh). Pour ce faire il a été réalisé un échantillonnage du MNE sur les points mesurés de 7 profils (figure 5) à l'aide du plugin Qgis, "point sampling tools". Il est opéré une sélection au niveau des zones végétalisées afin de ne pas prendre en compte cette classe de points ($\Delta h > 0,20$ m).

On voit effectivement sur l'ensemble du profil en long (figure 9) que les points sont soit presque confondus, (sol nu) soit très différents (zone végétalisée) ce qui autorise la sélection. L'examen du graphique (figure 10) montre que la valeur absolue de l'écart est inférieure à 0,10 m. L'analyse statistique sur la valeur absolue des différences donne une moyenne de 0,024 m. L'erreur RMS correspondante est de 0,038 m.

C'est à peu près la valeur trouvée par (COHEN *et al.* 2016) ainsi que par (ROUET *et al.* 2016) dans leurs études respectives. Ceci permet de conclure à une très bonne corrélation entre les l'altitude des points mesurés au DGPS et celles des mêmes points du DEM obtenu avec le drone.

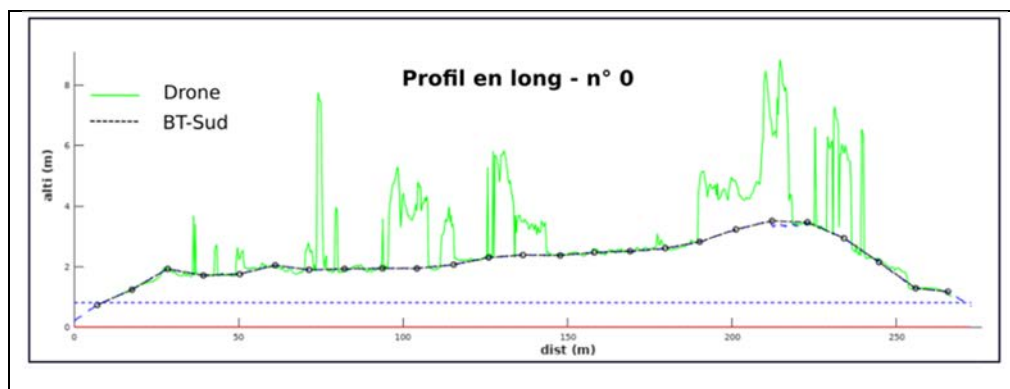


Figure 9. Comparaisons de profils topographiques dans les MNT issus du levé DGPS (**noir**) et le MNE du levé par drone (**vert**) montrant la hauteur de la végétation.

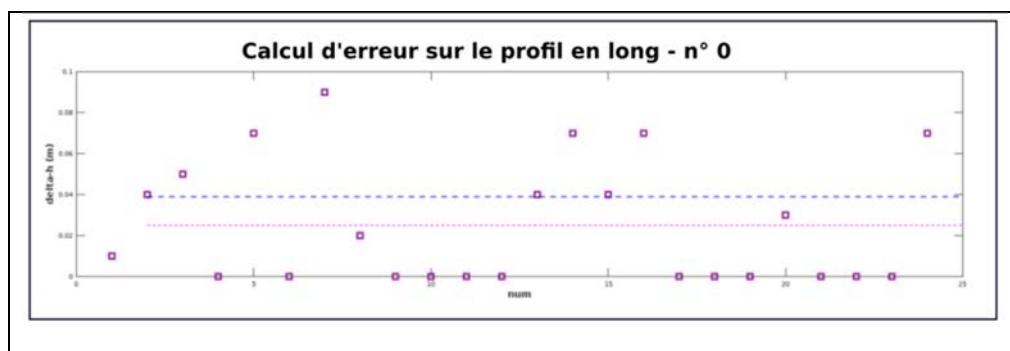


Figure 10. Evaluation de la valeur absolue de l'écart d'altimétrie du MNE issu des images drone, aux points de mesure du DGPS.

La morphologie issue du levé par drone s'avère nettement supérieure à celles issues des autres méthodes car elle permet de suivre les éléments classiques de la morphologie des plages ; pentes, micro falaises érosives, berme, arrière plage, dune, etc. Cette méthode donne des résultats très proches d'un levé classique de "littoraliste" selon des radiales espacées de 10 m à 20 m et prenant en compte toutes les "irrégularités topographiques". La méthode du levé DGPS centimétrique en carroyage au pas décimétrique s'est avéré être d'une précision insuffisante car le pas trop large ne tient pas compte des irrégularités du relief qui sont révélatrices d'une situation d'érosion ou d'accrétion. Le levé au cadre s'avère d'une mise en œuvre assez laborieuse, lente et finalement assez imprécise par rapport aux autres méthodes. (BRICQUIR, 2017).

4. Perspectives

Si le levé par drone est beaucoup plus rapide (10 à 20 minutes environ) que les autres méthodes, il nécessite le relevé DGPS des mires. Toutefois, les progrès réalisés dans les matériels permettent d'espérer de pouvoir intégrer un système DGPS temps réel dans le

Thème 3 – Instrumentation, mesures, imagerie et télédétection

drone. Ceci permettra une bien meilleure précision de la localisation des photos et réduira les étapes du traitement.

5. Adaptation du projet Litto 3D pour les territoires d’Outre-Mer :

Lors des études littorales effectuées dans la région il apparaît nettement des lacunes de données notamment bathymétriques au niveau du littoral. En effet, le mode de levé des deux organismes en charge de la cartographie dans les DOM/TOM, le SHOM et l’IGN (DITTT), fait qu’une grande partie de la zone littorale, reste non cartographiée. Dans ces pays le programme Litto 3D n’a pas été relayé et cette lacune est une entrave à la connaissance du milieu littoral. Des drones susceptibles d’emporter un matériel lidar et une caméra haute résolution pourraient réduire les coûts de prise de vue et apporter une meilleure connaissance de ces milieux.

6. Remerciements :

Nos remerciements vont à Myriam VENDE LECLERC, du Service Géologique de la Nouvelle-Calédonie (SGNC) pour avoir convié l’UNC à cette étude sur les îlots et à l’association GYPAETE, d’Emmanuel SCHNEITER pour son soutien dans la réalisation des levés photogrammétriques par drone pour l’Université de la Nouvelle-Calédonie. (ROUET *et al.*, 2016).

7. Références bibliographiques

BRICQUIR M. (2017). *Les îlots du lagon du lagon calédonien : mise en place de méthodes pour le suivi et l’analyse de leurs évolutions géomorphologique. Application aux îlots Larégnère et Mbé Kouen.* Rapport de Stage Master 2. SML. Université de Bretagne Occidentale. (UBO).

COHEN O., DUMAS P., LE DUFF M., ALLENBACH M. (2016). *Etude du rivage par photogrammétrie aéroportée à très haute résolution spatiale* XIV^{èmes} Journées Nationales Génie Côtier – Génie Civil, Toulon. Pp 361-370
<https://doi.org/10.5150/jngcgc.2016.041>

GARCIN M., VENDE-LECLERC M. (2016). *Observatoire du Littoral de Nouvelle-Calédonie – Bilan des activités 2015, Typologie, methods et suivi des sites pilotes.* BRGM/RP-65637-FR

ROUET I., SCHNEITER E., HOIBIAN T., ALLENBACH M. (2016). *Can mapping and modelling erosion features in endangered ecosystems be done using affordable UAVs ?* . GIS&RS Congress – Suva, 2016.

EMERY K.O. (1961). *A simple method of measuring beach profiles.* Limnology and Oceanography. Vol. 6, pp 90-93. <https://doi.org/10.4319/lo.1961.6.1.0090>