



Contribution des relevés photogrammétriques par drone pour l'analyse de la dynamique côtière. Application sur un site de la côte sableuse catalane

Rémi BELON¹, Ywenn DE LA TORRE², Virginie SIBERT³, Xavier MOUROUX²

1. Direction Régionale du BRGM en Corse, Immeuble Agostini, ZI de Furiani, 20600 Bastia, France. *r.belon@brgm.fr*
2. Direction Régionale du BRGM en Languedoc Roussillon, 1039 rue Pinville, 34000 Montpellier, France. *y.delatorre@brgm.fr*, *x.mouroux@brgm.fr*
3. EcOceanodrone, 543 Rue de la Castelle, 34070 Montpellier, France.
ecoceanodrone@gmail.com

Résumé :

L'utilisation des drones se développe dans de nombreuses thématiques et notamment celles liées aux risques naturels. Cette contribution a pour objectif d'évaluer l'apport de cette technologie à l'analyse de la dynamique côtière au travers des relevés photogrammétriques sur le site côtier du Mas de L'Ile (commune de Le Barcarès). Une première approche a permis d'analyser les écarts planimétriques et altimétriques avec des données de référence (orthophotographies de l'IGN et mesures faites sur le terrain avec un DGPS (système GNSS)). Les résultats montrent une bonne cohérence des relevés obtenus grâce aux relevés photogrammétriques par drone. Dans un deuxième temps, des exemples de résultats montrent le potentiel de cette technique pour l'évaluation de la dynamique côtière, la quantification des volumes sédimentaires différentiels, l'évaluation de la fragilisation du cordon dunaire, l'extension des zones basses et leurs évolutions temporelles.

Mots-clés : Drone, Photogrammétrie, Dynamique sédimentaire, Littoral, Dunes, Plages.

1. Introduction

L'Observatoire de la côte sableuse catalane (<http://obs-cat.fr/>) a pour objectif de quantifier et de mieux comprendre les évolutions du littoral en vue de mieux gérer les impacts que peuvent avoir les phénomènes d'érosion côtière et de submersion marine. C'est dans ce cadre qu'il a été décidé d'évaluer la pertinence des relevés photogrammétriques par drone pour le suivi de l'environnement côtier et notamment des systèmes dunaires compte-tenu de leur accessibilité réduite du fait de la présence d'espèces protégées et de ganivelles.

L'objectif est d'évaluer la précision de ces données et de montrer les applications en termes de dynamique côtière sur le site du Mas de L'Ile situé sur la commune de Le Barcarès (figure 1). Ce site est composé d'une plage et d'un large système dunaire.

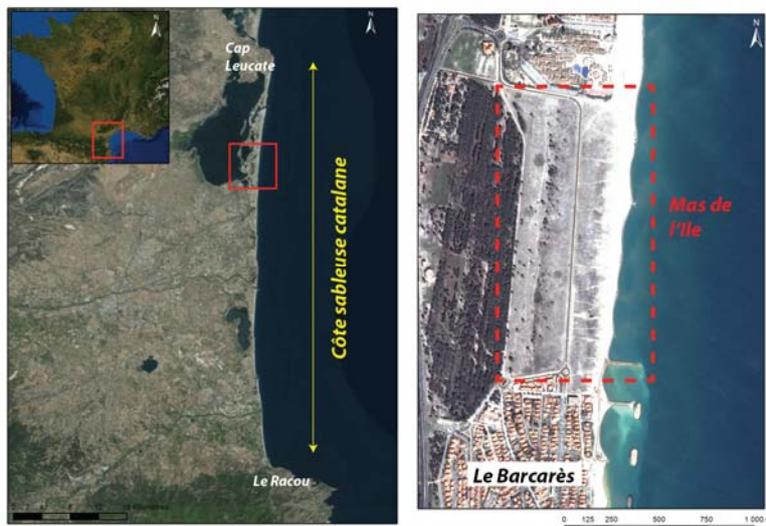


Figure 1. Site du Mas de l'Île sur la commune de le Barcarès.

2. Mode opératoire du levé photogrammétrique

Les levés aériens se font à l'aide d'un drone de type hexarotor (6 moteurs). Il possède une nacelle hyper-stabilisée qui permet de compenser les mouvements du drone.

Le capteur utilisé est un appareil photo Canon 6D (full frame, 20 mégapixels) muni d'un objectif 24 mm, dont le rapport résolution / qualité d'image est particulièrement intéressant.

L'altitude des vols est de 80m (résolution 2.16 cm/pixel au sol) avec une vitesse sol de 4m/s. Le recouvrement choisi ici a été de 70% horizontalement et 40% latéralement. Les cibles (carré de 40 cm avec damier), qui sont réparties aux quatre coins d'un vol, ont donc été levées à l'aide d'un GPS différentiel (DGPS) (figure 2).

Tous les vols ont été effectués entre le 22 et le 24 septembre 2014, des journées peu nuageuses, et globalement peu venteuses.

Les traitements réalisés avec *Pix4D image processing software* impliquent les principales étapes suivantes : la vérification des jeux de données (images) ; la calibration du système de prise de vue ; la mise en corrélation des couples d'images ; l'implémentation des points de calage (cibles au sol) ; le contrôle qualité ; la sortie des jeux de données (MNS et orthomosaiques) aux formats désirés.

Les temps de calcul dédiés pour le traitement d'1 km linéaire de plage (sur environ 200 m de large), soit l'équivalent de 400 à 500 clichés, sont de l'ordre de 24 à 48 h.

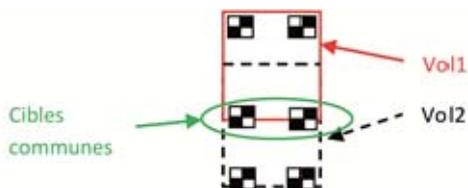


Figure 2. Positionnement des cibles.

3. Précision du Modèle Numérique de surface acquis par drone

La meilleure approche pour évaluer la précision de ce type d'acquisition est de comparer les points obtenus par des mesures in-situ (système GNSS), c'est le cas de notre étude, cependant d'autres méthodes existent (MANCINI *et al.*, 2013). La comparaison du modèle numérique de surface (résolution de 20cm) obtenu par drone avec des données dites de références, à savoir l'orthophotographie de l'IGN de 2012 (résolution de 20 cm) permet de quantifier les écarts planimétriques (Tableau 1) et la comparaison avec des points mesurés au DGPS permet de quantifier les écarts altimétriques (Tableau 2).

Compte-tenus des résolutions des orthophotographies (20 cm) ainsi que de l'incertitude lié au pointage par l'utilisateur des points homologues, il est possible de considérer que ces écarts restent faibles puisque l'écart-type est inférieur à 2 pixels (conforme à la qualité de la BD Ortho de l'IGN, 2014).

Les écarts altimétriques sont également globalement faibles (Tableau 2). L'erreur moyenne quadratique reste inférieure à 50 cm. Cependant ces écarts peuvent être localement très importants dans les zones de perturbations (figure 3). Les zones de perturbation sont en général des zones de faibles recouvrements (extrémités), ou dues à des contraintes telles que les ombrages altérant la qualité de reconstitution. Pour ce dernier point, il est important de survoler une même zone à une même heure de la journée.

Ces précisions altimétriques restent cohérentes à celles obtenues grâce à la technologie LIDAR (MALLET & BRETAR, 2007). Cette technologie était jusqu'alors aéroportée par avion ou hélicoptère et depuis peu commence à être miniaturisée pour être embarquée sur des drones (LIN *et al.*, 2011). La reconstitution par drone dans le cas présent manquait probablement de recouvrement, puisque le choix d'un recoupement vertical de 70% et horizontal de 40% avaient été choisis.

Tableau 1. Ecarts planimétriques en m mesurés sur le site du Mas l'Ile.

Comparaison de points homologues identifiés visuellement entre l'ortho-photographie de l'IGN (2012) et l'orthophotographie réalisée par drone (2014)

<i>Nombre de points utilisés</i>	<i>Distance minimale</i>	<i>Distance maximale</i>	<i>Distance moyenne</i>	<i>Médiane</i>	<i>Ecart type</i>
19	0.10	1.48	0.80	0.78	0.36

Tableau 2. Ecarts altimétriques en m mesurés sur le site du Mas de l'Ile.

Comparaison des altitudes entre les points mesurés au DGPS et les altitudes données par le MNS réalisé par le drone

<i>Nombre de points utilisés</i>	<i>Ecart minimal</i>	<i>Ecart maximal</i>	<i>Ecart moyen</i>	<i>Médiane</i>	<i>Ecart type</i>	<i>Erreur moyenne quadratique</i>
3136	-1.86	5.44	-0.04	-0.08	0.44	0.44

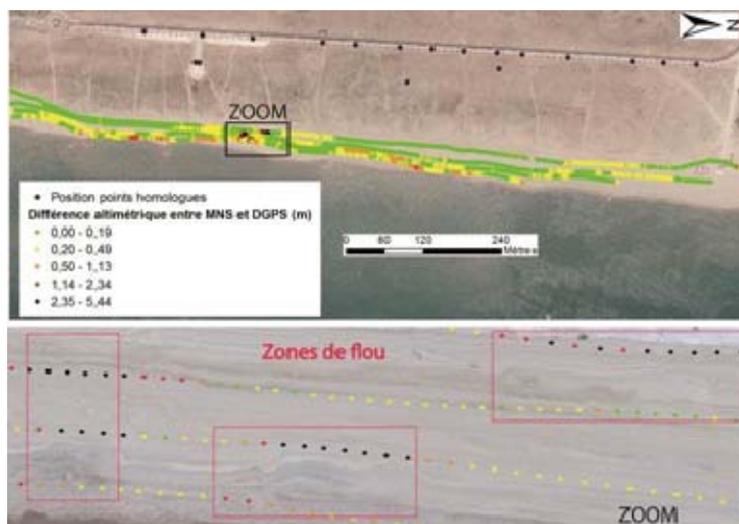


Figure 3. Ecarts altimétriques en m entre le MNS et les mesures au DGPS.

4. Exemples d'application dans le domaine des risques côtiers

L'utilisation de la photogrammétrie acquise par levés avec drone est utilisée dans de nombreuses applications comme l'archéologie (CHIABRANDO *et al.*, 2011), l'architecture (DERKX & SORIN, 2008), l'agriculture (VIGNEAU *et al.*, 2014), etc.

4.1 Evolution des systèmes dunaires

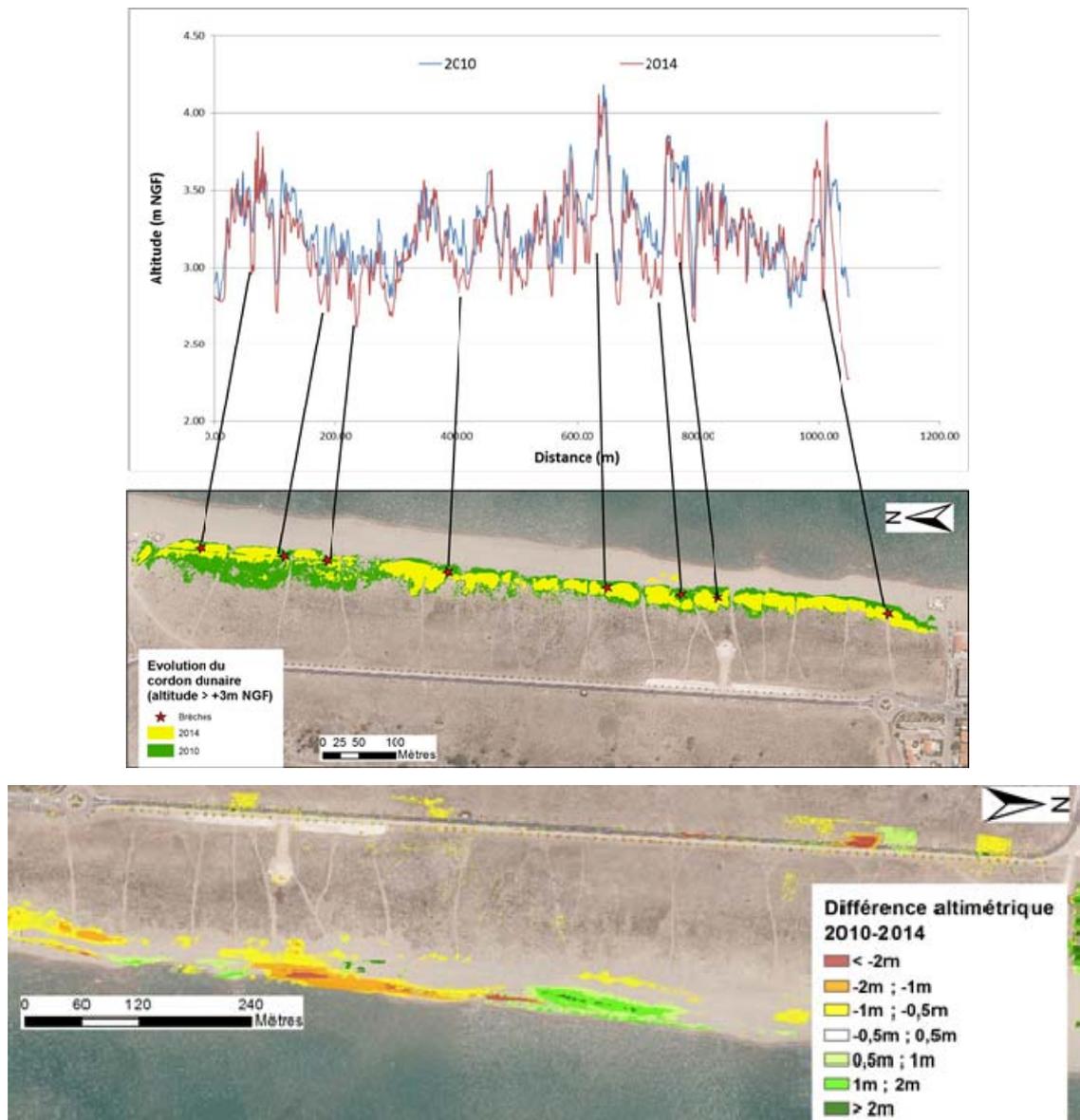
L'une des applications est d'étudier l'évolution du cordon dunaire qui peut être impacté lors des tempêtes rendant plus vulnérables les zones basses positionnées en arrière du cordon. L'approche faite dans le cadre de cette étude est d'évaluer la progression des secteurs du cordon dunaire qui seraient supérieure à une cote altimétrique +3 m NGF, correspondant à un seuil de submersion par la mer pendant les tempêtes. Dans le cas du Mas de l'Ile situé sur la commune de le Barcarès, entre 2010 et 2014, sur un linéaire de l'ordre de 1.1 km il s'avère que la surface occupée par les massifs culminants à +3 m NGF a été réduite de moitié. La surface occupée en 2010 par ces massifs était de l'ordre 32600 m² en 2010 contre 16500 m² en 2014 (figure 4). L'évolution de la crête de dune montre également le creusement des brèches existantes voire l'apparition de nouvelles brèches. Par endroit, ces brèches peuvent se creuser sur plus d'un mètre de hauteur et s'élargir de plusieurs dizaines de mètres (figure 4).

Ces observations montrent que le massif dunaire est sujet au phénomène d'érosion rendant vulnérable les zones basses situées en arrière de la dune face aux phénomènes de submersion marine.

4.2 Evolution morphologique des plages

La comparaison entre un modèle numérique de surface obtenu en 2010 par une technologie Lidar et celui obtenu dans le cadre de cette campagne permet d'évaluer les

variations volumétriques sur le site étudié. En l'occurrence, les variations altimétriques supérieures 0.5 m entre 2010 et 2014 montre une perte volumétrique de près de 7800 m³ contre un gain estimé à 6400 m³. Si nous considérons que les variations inférieures à 0.5 m peuvent être attribuées aux incertitudes liées à la donnée utilisée, le bilan sédimentaire estimé sur le secteur du Mas de l'Ile est une perte de l'ordre 1400m³ soit 350 m³/an (figure 4). Ce type d'information est entre autres important dans l'estimation des besoins en rechargement des plages.



*Figure 4. Evolution morphologique du Mas de l'Ile sur la commune de le Barcarès.
Extension spatiale du cordon dunaire dont l'altitude dépasse +3 m NGF ;
évolution de la crête du cordon dunaire (en haut) et
différence altimétrique entre 2010 et 2014 (en bas).*

5. Conclusions

La mise en place de relevés photogrammétriques par utilisation d'un drone, permet la réalisation d'orthophotographies et de modèles numériques de surface avec une bonne précision. Cette technique permet alors d'avoir des données précises de la topographie d'un site sur des étendues de quelques kilomètres au maximum.

Cette méthode présente tout de même des limites. Le sursol étant mesuré, la prise en compte du bâti, de la végétation ou de tout objet présent sur site peut entraîner des erreurs d'interprétation et nécessiter des traitements supplémentaires. Des pistes d'amélioration sont également à l'étude, sur le nombre et le positionnement des cibles, du pourcentage de recouvrement des images, sur le géoréférencement...

Ces données peuvent être utilisées pour suivre l'évolution morphologique des cordons dunaires et de la plage aérienne, en quantifiant les volumes sédimentaires déplacés, en visualisant l'apparition de brèches, en estimant l'évolution des zones basses pouvant être impactées par des phénomènes de submersion marine.

Cela ouvre de nouvelles perspectives pour l'observation des phénomènes côtiers, l'impact des tempêtes sur la dynamique sédimentaire, le suivi d'aménagements, la prévention des risques.

6. Références bibliographiques

- CHIABRANDO F., NEX F., PIATTI D., RINAUDO F. (2011). *UAV and RPV systems for photogrammetric surveys in archaeological areas: two tests in the Piedmont region (Italy)*. Journal of Archaeological Science Volume 38, Issue 3, March 2011, pp 697-710. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jas.2010.10.022>
- DERKX F., SORIN J-L (2008). *Inspection des ouvrages d'art par drone : Bilan et perspectives des travaux du LCPC*. Bulletin des LCPC, pp 39-55.
- IGN (2014). *BD ORTHO® Version 2 et ORTHO HR® Version 1 – Descriptif de contenu*. 18 p. URL : http://professionnels.ign.fr/sites/default/files/DC_BDORTHO_2_ORTHOHR.pdf
- MALLET C., BRETAR F. (2007). *Le lidar topographique à retour d'onde complète : état de l'art*. Traitement du signal 2007_volume 24_numéro 6
- MANCINI F., DUBBINI M., GATTELI M., STECCHI F., FABBRI S., GABBIANELLI G. (2013). *Using unmanned aerial vehicles (UAV) for high-resolution reconstruction of topography: The structure from motion approach on coastal environments*. Remote Sensing, Vol. 5(12), pp 6880-6898; <http://dx.doi.org/10.3390/rs5126880>
- LIN Y., HYYPPÄ J., JAAKKOLA A. (2011). *Mini-UAV-borne LIDAR for fine-scale mapping*. IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, Vol. 8(3). <http://dx.doi.org/10.1109/LGRS.2010.2079913>
- VIGNEAU N., CHERON C., VERGER A., BARET F. (2014). *Imagerie aérienne par drone : exploitation des données pour l'agriculture de précision*. Colloque scientifique francophone : Drones et moyens légers aéroportés d'observation. Montpellier, 24-26 Juin 2014.