



## Plus-value des drones RTK pour le suivi des évolutions morphologiques du littoral

Natacha VOLTO <sup>1</sup>, Nicolas LACHAUSSEE <sup>1</sup>, Thierry GUYOT <sup>1</sup>  
Xavier BERTIN <sup>1</sup>, Nathalie LONG <sup>1</sup>

1. Littoral ENvironnement et Sociétés (LIENSs), UMR 7266 CNRS, La Rochelle Université, France.

*[nvolto@univ-lr.fr](mailto:nvolto@univ-lr.fr) ; [nlachaussee@univ-lr.fr](mailto:nlachaussee@univ-lr.fr) ; [tguyot@univ-lr.fr](mailto:tguyot@univ-lr.fr) ; [xbertin@univ-lr.fr](mailto:xbertin@univ-lr.fr) ; [nlong@univ-lr.fr](mailto:nlong@univ-lr.fr)*

### Résumé :

Les drones aériens sont utilisés pour le suivi de la dynamique du littoral car ils permettent de couvrir des zones étendues avec une très haute résolution spatiale. Le faible coût associé à leur mise en œuvre permet également de réaliser des levés fréquents. La comparaison de modèles numériques de surface (MNS), générés par photogrammétrie à partir d'images acquises à différentes dates, s'avère très pertinente pour mieux comprendre la dynamique littorale. L'étude présente les résultats des travaux réalisés à partir de deux lots d'images acquis, en avril (mission 1 : 1030 images) et en octobre 2021 (mission 2 : 602 images) sur un des sites ateliers du Service National d'Observation (SNO) DYNALIT situé sur la côte sud-ouest de l'île d'Oléron, par une voilure fixe eBee X, équipée du système Real Time Kinematic (RTK) et associée à la caméra senseFly S.O.D.A. 3D. Le paramétrage du logiciel de photogrammétrie et la chaîne de traitements utilisée permettent d'obtenir des MNS précis sans cible, le géoréférencement étant réalisé à partir des coordonnées des images corrigées avec le système RTK. Les résultats démontrent qu'il est envisageable de s'affranchir de la pose de cible sur certaines zones littorales en utilisant un drone RTK, cette opération étant chronophage et parfois périlleuse. Cependant le levé de points de contrôle est indispensable pour vérifier et évaluer la qualité du MNS ainsi généré.

**Mots-clés :** Environnement littoral, Aile volante, Cinématique temps réel, Géoréférencement, Précision.

## Thème 3 – Instrumentation, mesures, imagerie et télédétection

### 1. Introduction

La Grande plage du sud-ouest de l’Ile d’Oléron (figure 1a) constitue l’un des littoraux en plus fort recul à l’échelle européenne. Ce secteur a fait l’objet d’un suivi à haute résolution par photogrammétrie par drone (aile volante eBee) depuis 2015, initialement dans le cadre du projet de Chaire EVEX puis du SNO DYNALIT (BERTIN *et al.*, 2020). Depuis 2021, les acquisitions se font grâce à un nouvel eBee X équipé du système RTK (figure 1b). L’étude porte sur deux lots d’images acquis le 15 avril 2021 (mission 1) et le 11 octobre 2021 (mission 2) avec l’aile volante eBee X RTK associée à la caméra S.O.D.A 3D. Les paramètres de vol et les conditions météorologiques respectifs sont présentés dans le tableau 1. L’objectif de cette étude est d’évaluer la précision des modèles numériques de surface générés sans l’utilisation de cible dans la chaîne de traitement. Les produits sont géoréférencés, dans ce cas, via les coordonnées des images corrigées avec le système RTK. Le but est de s’affranchir de la pose de cibles qui est une opération chronophage et parfois périlleuse. La zone d’étude étant distante du laboratoire et le suivi de la zone étant régulier, l’intérêt est de survoler le maximum de surface en un minimum de temps, sans la contrainte de la pose et de la récupération des cibles, dans le temps imparti limité par la marée. L’exactitude géométrique des produits générés, modèles numériques de surface et orthomosaïques, est estimée en altimétrie et en planimétrie. Le but étant de vérifier le potentiel du drone eBee RTK dont les caractéristiques indiquent une précision de 1.5 fois la résolution au sol (SenseFly 2021). Sachant que la résolution spatiale est de l’ordre de 3 cm, la précision devrait ainsi approcher les 4.5 cm d’après la brochure. De plus, la précision obtenue pour les produits générés est comparée aux valeurs préconisées dans les standards (MAUNE *et al.*, 2014).

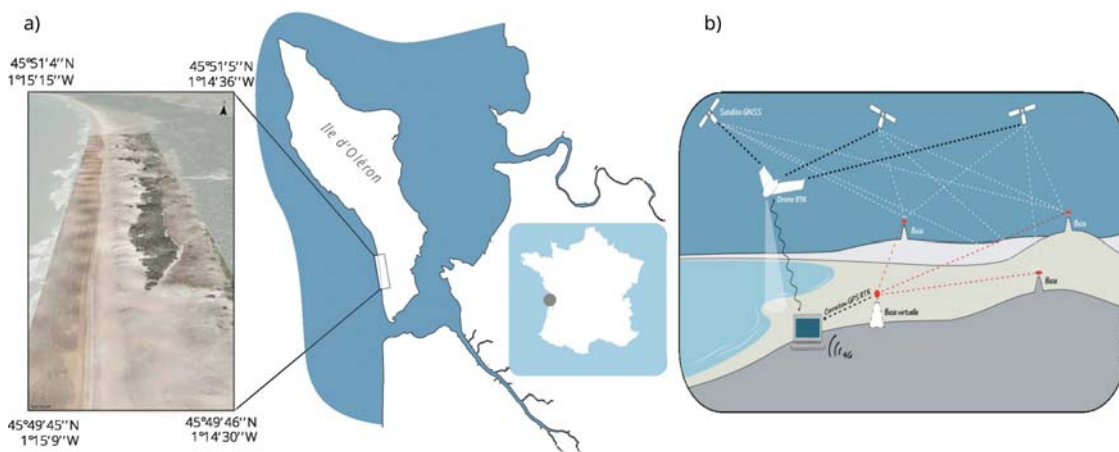


Figure 1. Zone d'étude système Real Time Kinematic (RTK).

*Tableau 1. Paramètres de vol et conditions météorologiques.*

<b>Mission</b>	<b>Mission 1</b>	<b>Mission 2</b>
<i>Date</i>	<i>15 avril 2021</i>	<i>11 octobre 2021</i>
<i>Heure du début de la campagne</i>	<i>13h35</i>	<i>14h40</i>
<i>Altitude de vol moyenne (m) (EPSG 5698)</i>	<i>121.37</i>	<i>127.58</i>
<i>Résolution du pixel (cm/pixel)</i>	<i>2.94</i>	<i>2.96</i>
<i>Recouvrement latéral et frontal (%)</i>	<i>60 et 80</i>	<i>60 et 75</i>
<i>Vitesse moyenne du vent (m/s)</i>	<i>entre 10.5 et 13.1</i>	<i>entre 7.3 et 9.2</i>
<i>Marnage de marée (m)</i>	<i>3.55</i>	<i>3.65</i>
<i>Nombre d'images</i>	<i>1030</i>	<i>602</i>
<i>Surface (km<sup>2</sup>)</i>	<i>2.01</i>	<i>1.76</i>

## **2. Matériel**

Pour chacune des missions, le matériel comprenait un récepteur GNSS SP80, un abonnement au réseau Teria (le réseau Teria, qui couvre l'intégralité du territoire français, permet de faire des corrections GNSS en temps réel), un drone eBee X RTK, une camera senseFly S.O.D.A. 3D (figure 2), un ordinateur portable, un GPS 60 SX Garmin et 5 cibles dont 3 fixes dans les dunes (figure 3) et 2 amovibles sur la plage.



*Figure 2. eBee X RTK (<https://www.rmus.com/collections/sensefly>) et camera S.O.D.A. 3D (<https://www.sensefly.com/camera/sensefly-soda-photogrammetry-camera/>).*



Figure 3. Cible fixe utilisée pour vérifier la qualité des produits générés.

### 3. Méthode et données

Jusqu'à présent, sur cette zone d'étude, pour le suivi par drones sans système RTK, le protocole décrit par LONG *et al.*, (2016) est appliqué. Plusieurs tests dans la disposition et dans le nombre de cibles ont permis de le valider, l'intérêt étant de réduire le nombre de cibles qui impose des contraintes de temps notamment liées à la marée. Il a été établi qu'une répartition de cibles, positionnées en parallèle, fixes sur la dune et amovibles sur la plage, avec un espacement de 500 m, était suffisant pour atteindre une précision altimétrique inférieure à 10 cm, qui est l'ordre de grandeur de la précision des levés GNSS, réalisés par un opérateur sur une plage sableuse. En effet, l'erreur altimétrique, mesurée à partir des points de contrôle répartis de façon homogène sur la zone, se stabilise et ne diminue plus malgré une densification du nombre de cibles. Des tests ont également été effectués pour déterminer le recouvrement photographique suffisant pour garantir la qualité des modèles. En effet, un recouvrement important garantit une bonne qualité du modèle mais le temps de vol et les temps de traitements sont considérablement augmentés. Un recouvrement de 60% en latéral et de 75% en frontal a été retenu. Avec l'acquisition d'un drone RTK, de nouveaux tests se sont imposés pour évaluer la précision verticale des modèles avec différentes configurations dans le nombre et la disposition des cibles (VOLTO *et al.*, 2021).

Pour évaluer le potentiel du drone ainsi que la qualité et la précision altimétrique et planimétrique des modèles obtenus sans cible dans la chaîne de traitement, deux lots d'images sont traités dans le cadre de cette étude. Le logiciel Agisoft Metashape, version 1.7.5, est utilisé pour les traitements en photogrammétrie en suivant les mêmes étapes (figure 4) sur ces deux lots d'images acquis par l'aile volante eBee X, associée à la caméra senseFly S.O.D.A. 3D utilisée en mode 3D Mapping (prise de vue oblique avec un angle de 30° (figure 5)) avec acquisition RTK via le réseau Teria. Les

coordonnées des images corrigées avec le système RTK sont utilisées pour géoréférencer le modèle. Dans Agisoft Metashape, il convient d'importer le géoïde approprié, d'ajouter le système de coordonnées, de connecter le logiciel aux métadonnées des images et de ne pas négliger le filtrage du nuage de points clairsemé (OVER *et al.*, 2021). Aucune cible n'est utilisée lors du traitement photogrammétrique.

17% des images acquises lors de la mission 1 n'ont pas été calibrées car les zones photographiées représentaient des zones en eau fortement homogènes. De plus, les rafales de vent lors de la mission 1 ont perturbé les lignes de vol (figure 6).

Afin d'évaluer la précision des produits en X, Y et Z aux différentes dates, 5 cibles ont été prises en compte et mesurées avec un récepteur GNSS SP80, 2 positionnées sur la plage et 3 fixes dans les dunes. La précision en Z a également été calculée à partir de plusieurs points de contrôle répartis aléatoirement sur la zone d'étude.

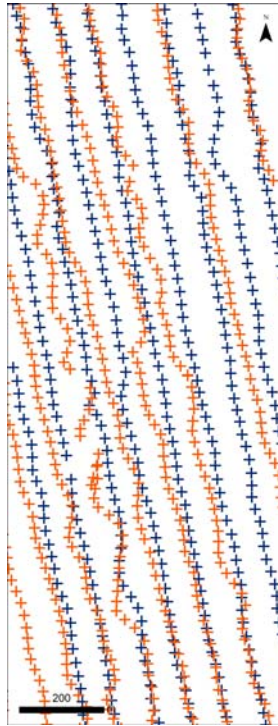


Figure 4. Etapes à suivre avec Agisoft Metashape (version 1.7.5).



Figure 5. Exemple de 3 images prises consécutivement par la camera senseFly S.O.D.A. 3D à 3 angles différents lors de la mission 2. Pour les images 1, 2 et 3, les angles de la caméra sont respectivement de  $29.52^\circ$ ,  $1.80^\circ$  et  $-28.35^\circ$ .





*Figure 6. Positions des caméras pour la mission 1 (en orange) et mission 2 (en bleu).*

#### **4. Résultats**

Dans cette étude, aucun pré-traitement n'a été réalisé sur les images, aucune correction géométrique, radiométrique ou atmosphérique n'a été apportée, aucun paramètre de calibration n'a été modifié et aucun masque n'a été créé dans le logiciel de photogrammétrie. Les cibles ont uniquement été utilisées pour vérifier la qualité des produits générés par photogrammétrie. Les résultats (figures 7 et 8), sans cible dans la chaîne de traitements, montrent des précisions en X, Y et Z inférieures à moins de 2 fois le pixel pour les deux missions malgré des conditions météorologiques et un recouvrement frontal différents ainsi qu'un nombre d'images réduit de 40% pour la mission 2. Les cibles amovibles positionnées sur la plage, pour la mission 2, visibles sur peu d'images et la présence d'eau peuvent expliquer la différence des résultats de précision au niveau de ces cibles. Malgré les rafales de vent pour la mission 1, un recouvrement plus important et une altitude moins élevée peuvent expliquer la meilleure précision du modèle au niveau des cibles fixes et des points de contrôle.

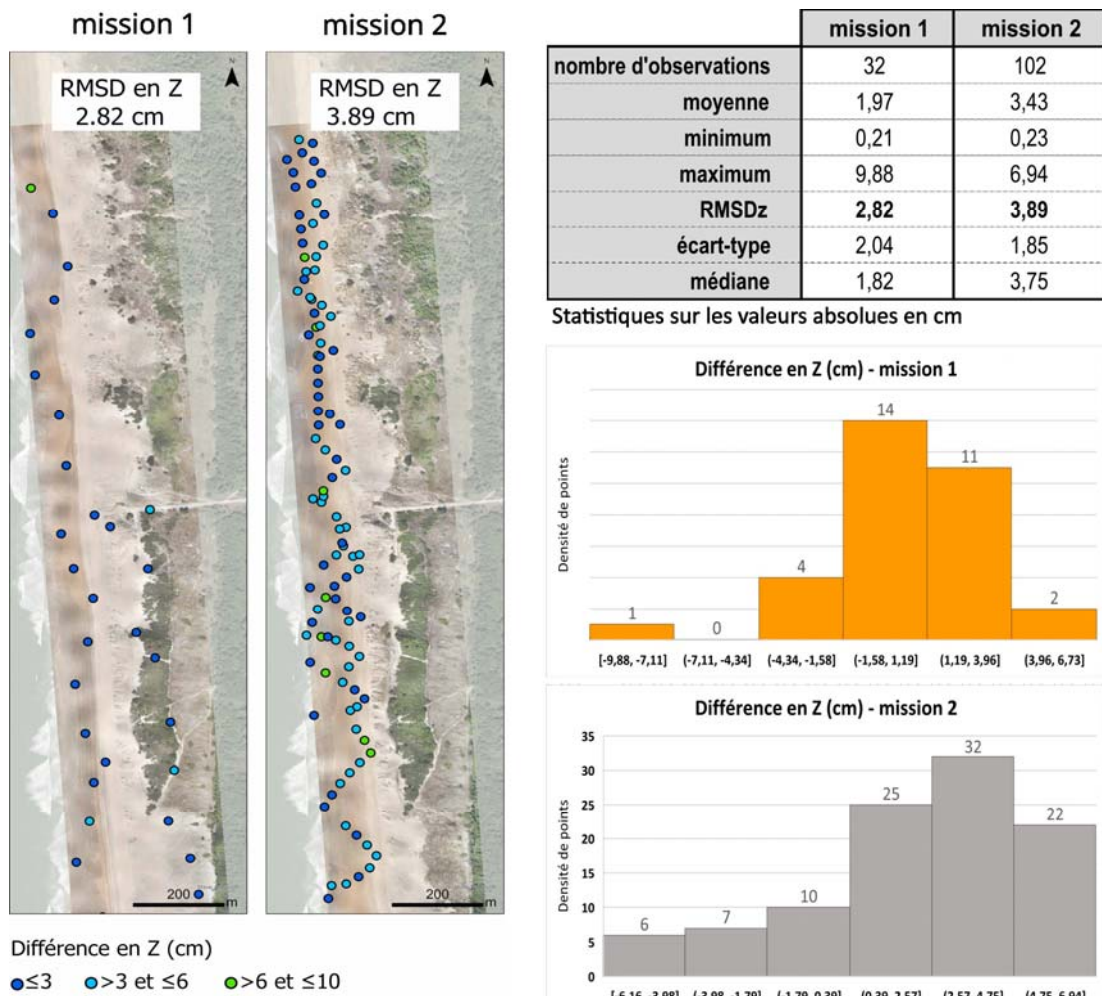


Figure 7. Différence en Z pour chaque point de contrôle entre la valeur mesurée au DGPS SP80 et la valeur extraite du MNS généré par photogrammétrie, statistiques et répartition de ces valeurs.

Mission 1												
Cible	Valeurs extraites des produits			Valeurs mesurées au DGPS			Différence en m			Différence en cm		
	Longitude (m)	Latitude (m)	Altitude (m)	Longitude (m)	Latitude (m)	Altitude (m)	Δ X	Δ Y	Δ Z	Δ X	Δ Y	Δ Z
Cible 1 fixe	370449,861	6536637,413	6,700	370449,861	6536637,413	6,697	0,000	0,000	0,003	0,000	0,000	0,316
Cible 2 amovible	370267,061	6535627,038	0,202	370267,069	6535627,039	0,212	-0,008	-0,001	-0,010	-0,780	-0,090	-1,009
Cible 3 fixe	370466,144	6536342,541	6,886	370466,147	6536342,544	6,928	-0,003	-0,003	-0,042	-0,260	-0,290	-4,249
Cible 4 amovible	370212,275	6536520,648	0,815	370212,253	6536520,653	0,831	0,022	-0,005	-0,016	2,160	-0,550	-1,563
Cible 5 fixe	370551,432	6535259,440	7,884	370551,456	6535259,477	7,917	-0,024	-0,037	-0,033	-2,410	-3,730	-3,305
Moyenne							-0,003	-0,009	-0,020	-0,258	-0,932	-1,962
Ecart-type							0,016	0,016	0,018	1,644	1,578	1,823
RMSD							0,015	0,017	0,026	1,493	1,692	2,551

Mission 2												
Cible	Valeurs extraites des produits			Valeurs mesurées au DGPS			Différence en m			Différence en cm		
	Longitude (m)	Latitude (m)	Altitude (m)	Longitude (m)	Latitude (m)	Altitude (m)	Δ X	Δ Y	Δ Z	Δ X	Δ Y	Δ Z
Cible 1 fixe	370449,861	6536637,432	6,636	370449,861	6536637,413	6,697	0,000	0,019	-0,061	-0,030	1,867	-6,109
Cible 2 amovible	370271,821	6535633,499	0,420	370271,838	6535633,522	0,447	-0,017	-0,023	-0,027	-1,747	-2,286	-2,729
Cible 3 fixe	370466,154	6536342,540	6,873	370466,147	6536342,544	6,928	0,007	-0,004	-0,055	0,665	-0,430	-5,520
Cible 4 amovible	370322,452	6534739,897	0,036	370322,504	6534739,916	0,066	-0,052	-0,019	-0,030	-5,234	-1,932	-3,008
Cible 5 fixe	370551,447	6535259,447	7,876	370551,456	6535259,477	7,917	-0,009	-0,030	-0,041	-0,903	-3,032	-4,104
Moyenne							-0,014	-0,012	-0,043	-1,450	-1,163	-4,294
Ecart-type							0,023	0,019	0,015	2,302	1,941	1,495
RMSD							0,025	0,021	0,045	2,518	2,089	4,497

Figure 8. Précision des produits générés en X, Y et Z, calculées à partir des cibles.

### 5. Conclusion

Les résultats démontrent qu'il est envisageable de s'affranchir de la pose de cibles sur certaines zones littorales en utilisant un drone RTK, cette opération étant chronophage alors même que les levés doivent être réalisés rapidement le temps de la marée basse. Le déploiement de cibles peut parfois s'avérer périlleux, comme par exemple en présence de houles énergétiques ou la ligne d'eau peut osciller sur plusieurs dizaines de mètres sous l'effet des ondes infragravitaires (Bertin *et al.*, 2020). Les drones RTK offrent également de nouvelles perspectives pour étudier des corps sableux isolés du rivage, comme par exemple les deltas de jusant des estuaires et embouchures, où la pose de cibles nécessite une embarcation et peut s'avérer périlleuse. Le levé de points de contrôle reste néanmoins indispensable pour vérifier et évaluer la qualité des modèles générés.

### Remerciements

Ces travaux de recherche ont été menés dans le cadre du SNO DYNALIT qui fait partie de l'infrastructure de recherche littorale et côtière ILICO. L'achat du drone eBee X RTK et de la caméra S.O.D.A 3D a été cofinancé par l'Observatoire de la Côte Nouvelle-Aquitaine et par le contrat de plan État-région (CPER) ECONAT-BIODIV.

### 6. Références bibliographiques

- BERTIN X., MARTINS K., DE BAKKER A., GUERIN T., COULOMBIE, T., DE VIRON O. (2020). *Energy transfers and reflection of infragravity waves at a dissipative beach under storm waves*. Journal of Geophysical Research: Oceans, 125, e2019JC015714. <https://doi.org/10.1029/2019JC015714>.
- LONG N., MILLESCAMPS B., GUILLOT B., POUGET F., BERTIN X. (2016). *Monitoring the topography of a dynamic tidal inlet using UAV imagery*. Remote Sensing, Special Issue Remote Sensing in Coastal Environments, 8 (5), 387. <http://dx.doi:10.3390/rs8050387>.
- MAUNE D., HEIDEMANN K., SMITH D., ABDULLAH Q. (2014). *ASPRS positional accuracy standards for digital geospatial data*. <http://dx.doi:10.14358/PERS.81.3.A1-A26>.
- OVER J.R., RITCHIE A.C., KRANENBURG C.J., BROWN J.A., BUSCOMBE D., NOBLE T., SHERWOD C.R., WARRICK J.A., WERNETTE P.A. (2021). *Processing coastal imagery with Agisoft Metashape Professional Edition, version 1.6—Structure from motion workflow documentation*. U.S. Geological Survey Open-File Report –1039, 46 p. <http://dx.doi:10.3133/ofr20211039>.
- VOLTO N., LACHAUSSEE N., GUYOT T., LONG N., BERTIN X. (2021). *Évaluation de la précision verticale du modèle numérique de surface à partir d'images acquises avec l'eBee X RTK*. Journées Drones et Capteurs Embarqués 'Le réseau Drones & Cap' du CNRS, poster. <http://dx.doi:10.3390/rs8050387>.