



Paramétrage et évaluation de la performance du système *CoastSnap* dans la surveillance du trait de côte sur le littoral du nord de la France, Dunkerque (59)

Adrien CARTIER ¹, Emmanuel BLAISE ², Nicolas GIRAUD ¹

1. Géodunes, 56 rue de la république, 59430 St Pol sur Mer, France.

cartier@geodunes.fr

2. Université du Littoral Côte d'Opale, Laboratoire d'Océanologie et de Géosciences, UMR LOG CNRS-U-Lille-ULCO-IRD, 62930 Wimereux, France.

emmanuel.blaise@univ-littoral.fr

Résumé :

Le système *CoastSnap* est un outil de suivi participatif du trait de côte et de la morphologie côtière. Développé par l'UNSW (Australie) et l'équipe de Mitchell Harley, ce système permet de numériser et géoréférencer automatiquement la limite terre-mer visible sur des photos envoyées par des participants depuis un poste d'observation orienté vers le littoral. Lors de l'installation des deux premières stations *CoastSnap* sur le littoral Dunkerquois dans les Hauts de France par Géodunes & ULCO, un protocole précis de paramétrage de la station et de validation des données ont été mis au point afin d'obtenir la meilleure précision possible. Les résultats ont révélé qu'avec un bon paramétrage de la station, la précision de la détection de la limite terre-mer pouvait être inférieure à 0,50 m. Il apparaît donc que le système *CoastSnap* puisse non seulement permettre d'illustrer les évolutions morphologiques du littoral, notamment lors des événements tempétueux, mais également évaluer avec précision les taux de recul/avancée du trait de côte. Ces données à court terme constituent alors une réelle plus-value dans la compréhension de la morphodynamique littorale, permettant ainsi des actions de gestion ciblées et plus qualitatives.

Mots-clés :

CoastSnap, Littoral, Trait de côte, Sciences participatives, Morphodynamique côtière.

1. Introduction

Dans le contexte actuel de changement climatique, de croissance des risques littoraux et de la vulnérabilité des sociétés littorales face aux aléas naturels (érosion du trait de côte et submersions marines), les sciences participatives, en développement constant ces dernières années (LETORTU *et al.*, 2023) permettent de créer des interactions entre les citoyens, les chercheurs, les politiques et gestionnaires locaux. Par le biais d'actions bénévoles (prise de photographies sur le terrain, mesures altimétriques simples, etc.) les citoyens peuvent participer à la constitution de bases de données de suivi de l'évolution

Thème 3 – Instrumentation, mesures, imagerie et télédétection

des plages (HAKLAY, 2013). Le système de suivi participatif *CoastSnap* a été lancé en 2017 en Australie à l'initiative de l'UNSW (Université de Nouvelle-Galles du Sud) en Australie dans le but de produire des algorithmes permettant la cartographie de l'évolution du trait de côte (HARLEY *et al.*, 2019). Aujourd'hui plus de 200 stations *CoastSnap* sont déployées dans de nombreux pays du monde dont 21 sur le littoral métropolitain de la France (HARLEY & KINSELA, 2022), notamment dans le cadre d'observatoires du trait de côte, l'Observatoire Citoyen du Littoral Morbihannais (OCLM), ou encore l'Observatoire de la Côte Aquitaine (OCNA) principalement (ROBINET *et al.*, 2022). La plupart des études récentes et présentes dans la littérature porte sur l'aspect participatif du système (ELRICK-BARR *et al.*, 2023), sur des exemples d'installation (HUGHES *et al.*, 2023, BRICENO DE URBANEJA *et al.*, 2023, ROBINET *et al.*, 2022) ou sur l'exploitation des données en matière de morphodynamiques des plages (DEBURGHGRAEVE *et al.*, 2023). Peu d'entre elles s'intéressent à la phase de paramétrage et de calibration des stations, or elle constitue une étape fondamentale dans la précision des données collectées. HARLEY *et al.*, (2019) apportent des informations sur la précision et la robustesse du système *CoastSnap* dans la détection de la limite terre-mer, mais insiste très peu sur la nécessité d'un bon paramétrage préalable de la station. Très récemment, CONERY *et al.*, (2023) ont publié un guide complet sur le dispositif *CoastSnap*, exposant notamment des recommandations sur le positionnement des stations.

Cette étude vise alors à présenter la méthodologie de paramétrage des stations *CoastSnap* afin d'obtenir une précision optimale des limites terre-mer digitalisées. L'analyse porte sur deux stations issues du réseau *CoastSnap* Côte d'Opale installées sur le littoral de Dunkerque (59) en janvier 2023.

2. Sites d'installations des socles

Les deux sites équipés de stations *CoastSnap* sont situés sur le littoral de la Côte d'Opale, aux abords de Dunkerque dans le département du Nord et font face à la mer du Nord (Figure 1). Le régime tidal y est semi-diurne et macrotidal avec un marnage qui oscille entre 3,54 m (Coeff 45) et 5,45 m (Coeff 95). Les plages sont définies par une alternance de barres et de bâches (dépressions), morphologie caractéristique des côtes basses sableuses du nord de la France. Les deux sites sont situés dans des secteurs à enjeux, où les aléas érosions et submersions marines ont été clairement identifiés dans la littérature et par les collectivités locales (CARTIER, *et al.*, 2014). La station de la digue des Alliés est située en milieu urbain (Figure 1B) où un cordon dunaire artificiel a été érigé par la Communauté Urbaine de Dunkerque (CUD) en décembre 2020 à la suite d'un rechargement massif de sédiments réalisé en mars 2014 (+1,5 Mm³). La digue des Alliés protège un secteur arrière littoral situé en dessous des pleines mers de moyennes eaux, ainsi que le canal exutoire de Dunkerque dont la fonction première est l'évacuation des eaux pluviales récoltées dans la plaine maritime flamande (polder arrière-littoral). Le

second site est situé sur le front de mer de Zuydcoote (Figure 1C) et est orienté en direction de l'Ouest de manière à pouvoir observer les variations de la position du trait de côte de la dune Dewulf, qui montre une tendance au recul de du trait de côte récemment ralentie par les aménagements de protection du pied de dune. La station *CoastSnap* de Zuydcoote vise entre autres à mettre en lumière l'impact des installations de casiers de ganivelles installés en pied de dune.



Figure 1. A : Localisation des sites d'étude ; B : Station *CoastSnap* de la digue des Alliés ; C : Station *CoastSnap* de Zuydcoote ; D : Exemple de socle en inox et de panneau informatif.

3. Méthodologie d'installation d'une station *CoastSnap*

La mise en place d'une station *CoastSnap* peut être découpée en deux phases : une première phase de calibration et d'installation du socle sur le terrain ; une seconde d'adaptation de la routine MATLAB mise à disposition gratuitement par l'UNSW. La première phase est fondamentale pour obtenir une station *CoastSnap* dont les données issues seront précises. En effet, la position par rapport au trait de côte, l'angle, l'azimut et l'altitude sont des paramètres essentiels et déterminants dans la qualité du trait de côte digitalisé. HARLEY *et al.*, (2019) et CONERY *et al.*, (2023) indiquent en effet des indications précises sur l'installation de stations *CoastSnap* : secteur présentant des enjeux, position de la station en hauteur par rapport au trait de côte, position du socle stable et non soumis à l'érosion, point de vue présentant des repères fixes afin de pouvoir recadrer et ortho rectifier les photos. Les deux sites sélectionnés ne réunissent pas de

Thème 3 – Instrumentation, mesures, imagerie et télédétection

prime abord l'ensemble des caractéristiques idéales au positionnement des socles, notamment en ce qui concerne l'altitude de prise de vue. En effet il est recommandé de se situer au moins à 20 m au-dessus du niveau des moyens des mer or les stations sont situées à quelques mètres au-dessus de niveau de la plage (Tableau 1). Il convient alors de s'assurer de la pertinence et du choix de la position de la station avant l'installation définitive du socle.

Dans ce contexte, nous avons suivis une méthodologie nous permettant de nous assurer la meilleure précision possible pour chacun des deux sites. Le protocole de validation des données a été réalisé en comparant pour un même secteur, la limite terre-mer numérisée automatiquement via *CoastSnap* et la position réelle de cette limite, mesurée *in situ* au GNSS. L'azimut et l'angle du socle étant des paramètres fondamentaux dans le recalage des photographies, nous avons également développé un prototype de socle amovible permettant de faciliter la prise de photos avec différentes orientations et angles d'inclinaison (Figure 2B). Sur chaque site potentiel identifié, plusieurs combinaisons de positions, d'angles d'inclinaison et d'azimut ont été testées afin de déterminer la meilleure implantation de la station *CoastSnap*.

Tableau 1. Caractéristiques techniques des stations *CoastSnap* du Dunkerquois.

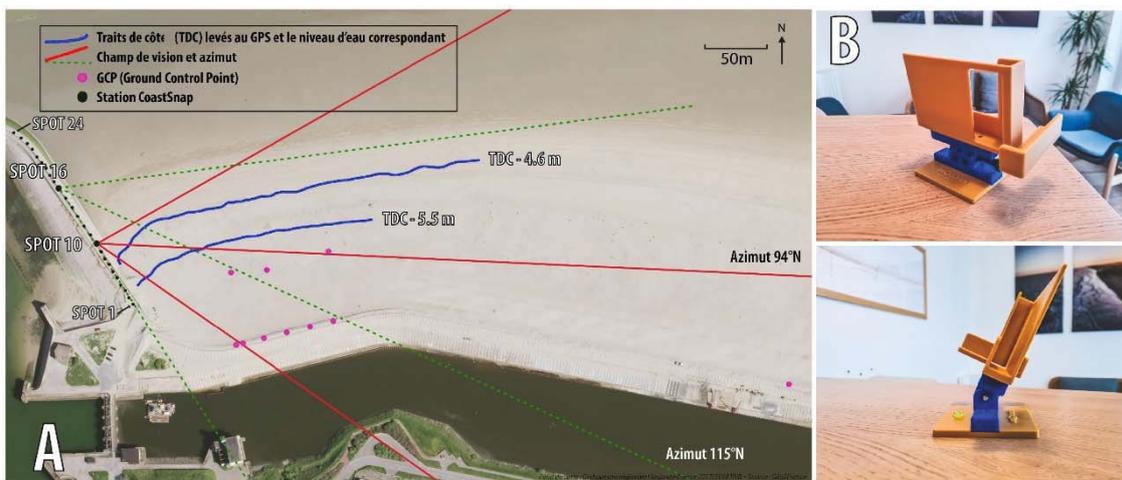
Site	X (m)	Y (m)	Z (m IGN69)	Altitude plage (m IGN69)	Azimut (°)	Inclinaison (°)
Digue des Alliés	655608.69	7106299.12	7.81	5.15	96.68	81.5
Zuydcoote	663887.22	7108540.92	11.08	4.10	260.42	81.2

4. Résultats

Sur le site de la digue des Alliés, la proximité de la jetée de Malo-les-Bains offre une multitude de positions potentielles pour suivre l'évolution du rechargement de la plage de la digue des Alliés. Ainsi, vingt-quatre positions (spots) ont été testées afin d'évaluer le meilleur emplacement pour le socle (Figure 2A).

Avant même de comparer les limites terre-mer digitalisées et celles mesurées au GNSS, une analyse visuelle des photographies a été effectuée. Les spots compris entre 1 et 10 présentaient un angle de vue trop proche du haut de plage réduisant considérablement la probabilité de photographier la limite terre-mer. L'orientation ne permettait également pas une bonne visualisation des points d'amer potentiels, ces emplacements n'étaient donc pas adaptés pour l'installation d'un socle *CoastSnap*.

Les spots compris entre 16 et 24 étaient quant à eux, trop en retrait vis-à-vis du trait de côte et adoptaient de fait un angle de vue trop transversal inadéquat pour l'algorithme d'orthorectification.



A partir des spots 10 et 16, plusieurs comparaisons ont été réalisées entre la limite terre-mer (LTM) digitalisée par *CoastSnap* et celle mesurée au GNSS (Figure 3). Les résultats montrent une différence importante de précision entre les deux localisations. Le spot 16 présente en effet des écarts supérieurs à 3 m et atteint 13 m à l'extrémité Est du linéaire concerné.

Tableau 2. Synthèse des comparaisons entre la LTM mesurée et digitalisée sur le site de la Digue des Alliés et de Zuydcoote. RMSD correspond à la Root Mean Square Deviation.

Site	Spots	LTM	Moyenne (m)	Ecartype (m)	RMSD (m)	Ecart max (m)	Ecart min (m)
Digue des Alliés	10	LTM 1	0,02	0,53	0,53	1,93	0,01
		LTM 2	1,48	0,68	0,43	2,93	0,13
		LTM 3	1,54	1,17	1,93	4,40	0,02
		LTM 4	-0,30	1,86	1,88	5,25	0,01
	16	LTM 5	7,96	2,78	8,43	13,18	4,41
		LTM 6	6,41	2,50	6,88	10,85	1,64
Zuydcoote	1	LTM 1	-0,24	0,59	0,63	1,33	0,03
		LTM 2	-0,34	0,62	0,71	3,12	0,01
		LTM 3	-0,41	0,75	0,85	1,92	0,02
		LTM 4	-0,39	0,80	0,89	2,37	0,01

En revanche, le spot 10 montre une très bonne corrélation au centre du linéaire avec une différence moyenne de l'ordre de +/- 0,20 m alors que les extrémités montrent des écarts plurimétriques. Ces comparaisons illustrent d'ores et déjà l'importance de la localisation

Thème 3 – Instrumentation, mesures, imagerie et télédétection

et du positionnement de la station sur la qualité de la donnée récoltée, d'autant plus que les deux emplacements sont espacés de quelques dizaines de mètres. L'analyse statistique de l'ensemble des comparaisons entre la LTM digitalisée et les relevés GNSS *in situ* révèle que le spot 10 est le plus adaptée avec une RMSD inférieure à 2 m et pouvant atteindre dans certains cas seulement 0,43 m (Tableau 2).

La même méthodologie a été réalisée sur le site de Zuydcoote et les résultats ont montré une meilleure corrélation entre la LTM mesurée et digitalisée. En effet, les calculs montrent des écarts moyens compris entre 0,24 m et 0,41 m avec une RMSD ne dépassant pas 0,89 m. Les différences sont globalement centrées autour de zéro, avec des maximums ne dépassant pas les 2 m. La configuration du site de Zuydcoote est donc bien adaptée à l'installation d'une station *CoastSnap* et ceci malgré la faible altitude vis-à-vis du niveau de la mer.

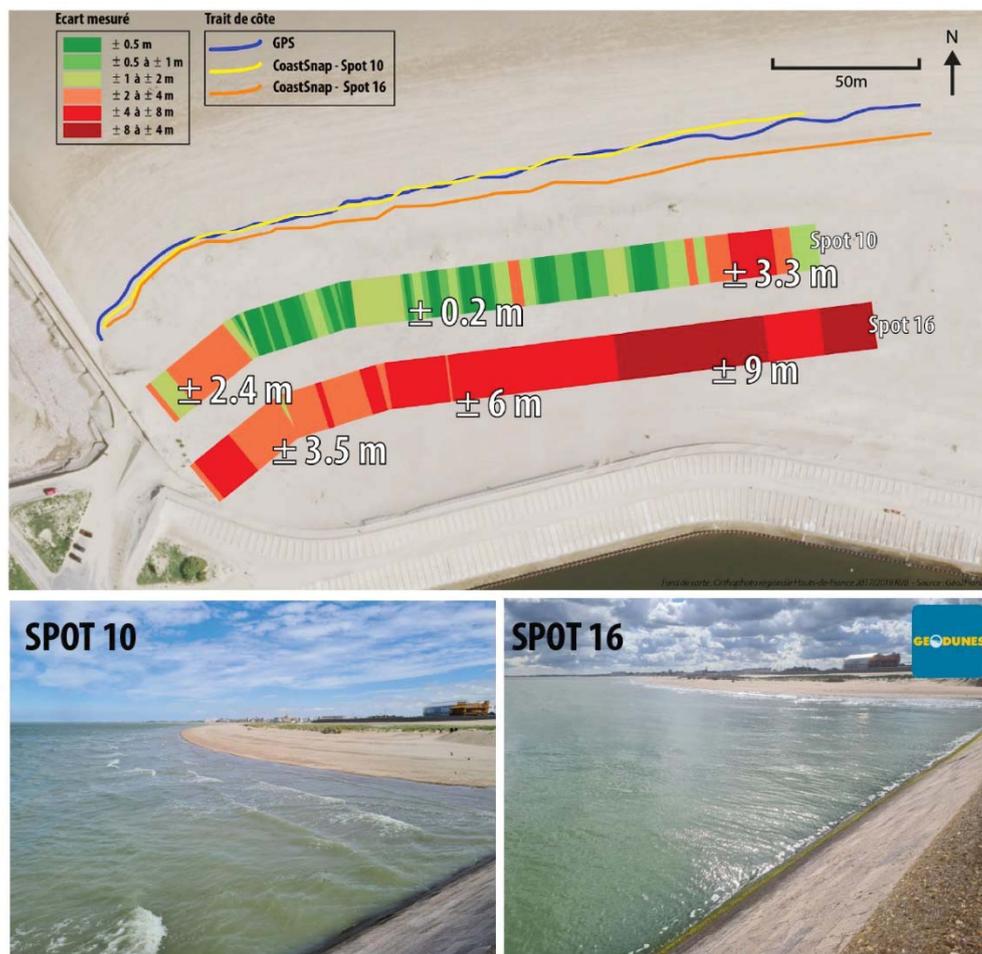


Figure 3. Exemple de comparaison entre la limite terre-mer digitalisée par CoastSnap et le relevé simultané au GNSS pour les spots 10 et 16 au niveau de la digue des Alliés.

5. Discussion

L'évaluation de la précision de nos stations donne des valeurs de RMSD nettement inférieures (< 2 m) à celles calculées pour les sites australiens comprises entre 2 et 3,60 m (HARLEY *et al.*, 2019). Cette meilleure précision est sans doute liée au fait que le linéaire observé sur nos stations est beaucoup plus court (300 m) que sur des stations ayant une altitude importante et permettant un champ de vision plus large (600 à 1000 m). HARLEY *et al.*, (2019) décrit d'ailleurs une dégradation importante de la donnée sur les portions du linéaire les plus éloignées des stations, et plus particulièrement lorsque des photographies de basse résolution sont utilisées. Dans l'étude de SOLANKI (2023), la RMSD des sites étudiés n'est jamais inférieure à 7 m en raison d'un positionnement trop éloigné de la plage et d'une mauvaise définition de la limite terre-mer en raison d'une couleur de sédiment peu contrastée. Sur nos sites, les erreurs importantes observées sur le site de la digue des Alliés trouvent majoritairement leur origine dans la faible élévation de la station. La zone immédiatement adjacente à la station est mieux digitalisée que la zone située en haut de plage qui est davantage horizontale par rapport à l'angle d'inclinaison de la station. En dépit de la faible élévation de la station de la digue des Alliés par rapport au trait de côte, nous avons pu démontrer qu'un bon positionnement ainsi qu'un angle adéquat permet malgré tout d'obtenir une bonne précision de la LTM digitalisée. Du fait d'une hauteur plus importante sur le site de Zuydcoote, les résultats sont plus précis et plus homogène, ce qui n'est pas le cas sur la digue des Alliés. En effet, la partie centrale du trait de côte digitalisée semble plus précise qu'aux extrémités. C'est le cas également pour la station de Zuydcoote, même si l'imprécision observée est moindre. Ces observations corroborent les études de sensibilité réalisées par HARLEY *et al.*, (2019) et mettent en lumière la nécessité d'optimiser le paramétrage d'installations des stations *CoastSnap*.

6. Conclusions

L'installation de stations *CoastSnap* nécessite une méthodologie adéquate et un protocole de vérification de la donnée si l'objectif est de pouvoir quantifier de manière précise les variations de la largeur de la plage. Cette étude a mis en évidence la possibilité d'installation de stations sur des côtes basses, à des altitudes plus faibles que les recommandations décrites dans la littérature. Il est cependant nécessaire de réaliser une démarche exploratoire et comparative à l'aide de mesures GNSS *in situ* afin de déterminer la position idéale pour l'installation du socle *CoastSnap*.

CoastSnap est à l'heure actuelle uniquement adapté aux côtes basses sableuses dans la mesure où la limite terre-mer digitalisée est déterminée par la frontière entre le sable humide et le sable sec. Il conviendrait donc d'adapter l'algorithme aux secteurs littoraux rocheux à falaises, en digitalisant cette fois-ci la rupture de pente entre le sommet de la falaise et le versant. Les falaises sont globalement moins suivies que les côtes basses, mais présentent néanmoins des risques en matière de recul du trait de côte et nécessitent

Thème 3 – Instrumentation, mesures, imagerie et télédétection

des suivis réguliers, tant l'érosion pour ce type de côte est ponctuelle dans l'espace et dans le temps ; soudaine ou parfois continue.

Remerciements

Le système est financé par le Pôle Métropolitain de la Côte d'Opale (PMCO) et la Communauté Urbaine de Dunkerque, et est géré par Géodunes pour le PMCO, maître d'ouvrage du dispositif.

7. Références bibliographiques

- BRICEÑO-DE-URBANEJA I.C., TAPIA-PINEDA N.A., PÉREZ-MARTINEZ W. (2023). *Coastsnap Valparaíso region: an experience of citizen science in Chile*. Proceedings of the 5th International Electronic Conference on Remote Sensing, 7–21 November 2023, MDPI: Basel, Switzerland. <https://doi.org/10.3390/ECRS2023-16700>
- CARTIER A., TRESKA A., GRUNNET N., MICHARD B., FORAIN N., VIAL T. (2014). *Confortement d'un ouvrage de prévention des inondations et des submersions marines : l'exemple de la digue des alliés à dunkerque*. In XIIIème JNGCGC, Dunkerque, Editions Paralia, pp 641-648. doi: 10.5150/jngcgc.2014.070
- CONERY I.W., BRUDER B.L., GEIS C., STRAUB J.A., SPORE N.J., BRODIE K.L. (2023). *Applicability of coastsnap, a crowd-sourced coastal imagery application for US army corps of engineers district use*. Engineer Research and Development Center (U.S.), 2023 Sep 08. <https://apps.dtic.mil/sti/citations/trecms/AD1210053>
- DEBURGHGRAEVE A., ROBINET A., LECACHEUX S., BOUVIER C., SIMON E., ROSEBERY D. (2023). *Monitoring shoreline rotation with a coastsnap system at the mesotidal embayed beach of Lafitenia, France*. Coastal Sediments 2023, pp 296-304. https://doi.org/10.1142/9789811275135_0026
- ELRICK-BARR C.E., CLIFTON J., CUTTLER M., PERRY C., ROGERS A.A. (2023). *Understanding coastal social values through citizen science: the example of coastsnap in western Australia*. Ocean & Coastal Management, Volume 238, pp 106563. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2023.106563>
- HARLEY M.-D., KINSELA M.-A. (2022). *CoastSnap: A global citizen science program to monitor changing coastlines*. Continental Shelf Research, Vol. 245, p. 104796. <https://doi.org/10.1016/j.csr.2022.104796>
- HAKLAY M. (2013). *Citizen science and volunteered geographic information: overview and typology of participation*. In Sui D., Elwood S., Goodchild M. (Eds.): Crowdsourcing Geographic Knowledge: Volunteered Geographic Information (VGI) in Theory and Practice. Springer, pp 105–122. DOI: 10.1007/978-94-007-4587-2_7
- HARLEY M.-D., KINSELA M.-A., SÁNCHEZ-GARCÍA E., VOS K. (2019). *Shoreline change mapping using crowd-sourced smartphone images*. Coastal Engineering, Vol. 150, pp. 175-189. doi: 10.1016/j.coastaleng.2019.04.003

- HUGHES C., MCPHERRAN K., PÉREZ-SQUEO L.D., TREMBANIS A. (2023). *Coastsnap workflow automation: coastsnap Delaware example*. Coastal Sediments 2023, pp 899-905. https://doi.org/10.1142/9789811275135_0085
- LETORTU P., RUAULT R., ROUAN M., MILLIÈRE Q., DERVAL J.-M., ARGALL V., CHORLAY D., FLOCH N., LONCLE N., HÉNAFF A., LE DANTEC N., PHILIPPE M., DAVID L., MAULPOIX A., AMMANN J. (2023). *Suivi citoyen des indicateurs des aléas d'érosion côtière et de submersion marine : création de l'application smartphone et tablette coastappli et expérimentation à Guissény (Finistère)*. Géomorphologie : relief, processus, environnement. <https://doi.org/10.4000/geomorphologie.17726>
- ROBINET A., DEBURGHGRAEVE A., BULTEAU T., LECACHEUX S., BOUVIERC. (2022). *CoastSnap Nouvelle-Aquitaine : déploiement d'une plateforme participative pour mesurer la dynamique des plages en Nouvelle-Aquitaine*. Journées Nationales Génie Côtier – Génie Civil, Chatou. pp 487-494. doi:10.5150/jngcgc.2022.050
- SOLANKI Y. (2023). *Setting up coastsnap stations for imperial beach: using community science as a tool to monitor dynamic coastlines and inform adaptations to rising sea levels in vulnerable regions*. UC San Diego: Climate Science and Policy. <https://escholarship.org/uc/item/3p63h4mm>

Thème 3 – Instrumentation, mesures, imagerie et télédétection