



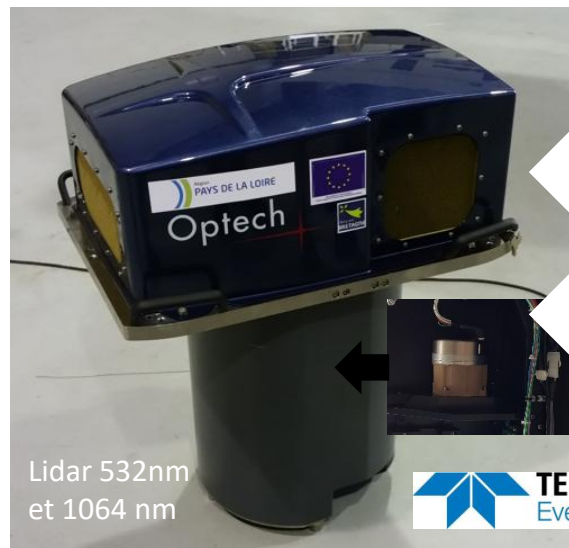
10 ANS DE L'OR2C



Matériel Nantes Rennes en partage avec Caen depuis 2023



Light
Detection
And
Ranging



Lidar 532nm
et 1064 nm



TITAN DW 60

Enregistreur de retours
d'ondes complets

100% UN

100% UR1



IWR3



50% OSUNA 50% OSUR

AAP 2011 des Pays de la Loire
Réseau de Suivi et de Surveillance
Environnementale (RS2E-OSUNA)

Axe 1 Protection du littoral, des berges
de Loire et de leurs ouvrages associés.
Avec partenariat entre OSU de Nantes
et Rennes

2014

CPER 2014-2020 RI6

Mer - Environnement - ville et territoires
Opération: **Suivi et Surveillance de**
l'Environnement en Pays de la Loire (S2E-PdL)

2019



Enregistreur de retours
d'ondes complets

100% OSUNA



Caméra hyperspectrale
Mjolnir VS-620

Marché de mise en œuvre
aéroportée n° 23034PAN

PIXAIR



Britten-Norman BN-2B Islander
F-HPXA (ex OY-CKS)

1^{er} opérateurs:
Patrick Launeau

Laurent Benoit
Laurent Froideval
Christophe Conessa

Association de Clément Mallet
à partir de 2026

➤ Projets de renouvellement
CDD Salima Rakass





10 ANS DE L'OR2C



Exemple de 2025 Topo-bathymétrie LiDAR (P. Launeau, S. Rakass, M.Giraud)



Blocs
dont
2



G = points dGPS de contrôle
M. Juigner

1 seule campagne en coordination avec Litto3D du SHOM

- 1816 km cumulés sur site (/5lignes = 363 km de côte)
- 209 km² 500 €/km²
- 20900 ha 5 €/ha
- 32 h de vol à 240 km/h effectuées en 3 jours

Mise en ligne H. Geslin





10 ANS DE L'OR2C



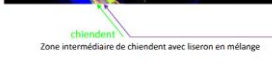
Opérateur GEOFIT

Nouveau laser

Opérateur OSUNA

blocs OR2C

		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024-6	2024-10	2025
	LiDAR topo (2020> bathy 600m)	ALS70	ALS70	Titan DW600	Titan DW600	Titan DW600	Titan DW600	Titan DW600	Titan DW600	Titan DW600	Titan DW600	Titan DW600	Titan DW600	Titan DW600	Titan DW600
	LiDAR bathy 400m	topo-hsi	topo-hsi	topo-hsi	topo-hsi	topo-hsi	topo-hsi	topo-hsi	topo-bathy	topo-bathy	topo-bathy	topo-bathy	topo-bathy	topo-bathy	topo-bathy
1	Pont-Mahe					23/05/2017			22/07/2020	13/08/2021	11/11/2022	07/10/2023	08/06/2024		29/09/2025
2	Piriac Quimiac					23/05/2017		24/07/2019	22/07/2020	13/08/2021		07/10/2023			29/09/2025
3	La Turballe					23/05/2017		13/05/2019	22/07/2020	13/08/2021	12/11/2022	07/10/2023	08/06/2024	04/10/2024	29/09/2025
4	Le Croisic					23/05/2017			22/07/2020						29/09/2025
5	La Baule					23/05/2017			23/07/2020	13/08/2021	12/11/2022	07/10/2023			29/09/2025
						06/10/2017			23/07/2020	31/05/2021					
						07/10/2017	11/08/2018	22/07/2019							
6	Saint-Nazaire					23/05/2017	20/06/2018	23/07/2019	23/07/2020	31/05/2021	12/11/2022	08/10/2023			29/09/2025
7	Saint-Brevin					24/05/2017		17/06/2019	23/07/2020	31/05/2021	12/11/2022	08/10/2023	08/06/2024	03/10/2024	29/09/2025
7 bis	Estuaire-Loire	22/09/2013									12/11/2022	10/10/2023	11/06/2024		29/09/2025
8	Pornic							23/07/2019	23/07/2020	31/05/2021		07/10/2023			29/09/2025
9	Bernerie	22/09/2013			23/10/2016	24/05/2017		17/06/2019	29/07/2020	31/05/2021		07/10/2023	08/06/2024		29/09/2025
									29/07/2020						
10	Bouin La Barre-de-Monts							17/06/2019	30/07/2020	30/05/2021		07/10/2023			29/09/2025
11	Le Gois				05/10/2016										
									29/07/2020		13/11/2022				
12	Barbatre					25/05/2017	20/06/2018	17/06/2019	30/07/2020	30/05/2021	07/12/2022	04/10/2023	09/06/2024	03/10/2024	30/09/2025
								17/06/2019							
13	Gueriniere Tresson		12/09/2014	00/06/2015 07/09/2015		24/05/2017	20/06/2018	18/06/2019	29/07/2020	30/05/2021	13/11/2022	04/10/2023	09/06/2024	03/10/2024	30/09/2025
						14/04/2017 11/10/2017									
14	Luzeronde	23/09/2013		00/06/2015 07/09/2015		24/05/2017	20/06/2018	18/06/2019	29/07/2020	30/05/2021	12/11/2022	04/10/2023	07/06/2024 09/06/2024	03/10/2024	30/09/2025
15	Noirmoutier Herbaudière	27/05/2013 23/09/2013			05/10/2016	24/05/2017	20/06/2018	17/06/2019	29/07/2020 30/07/2020	30/05/2021	12/11/2022	04/10/2023	07/06/2024		30/09/2025
16	Notre-Dame-de-Monts	23/09/2013		00/06/2015		25/05/2017 07/10/2017	20/06/2018	17/06/2019	barbatre	barbatre	barbatre	barbatre	barbatre	barbatre	barbatre
17	Pont-d'Yeu			07/09/2015				22/07/2019							
18	Yeu						20/06/2018	17/06/2019	20/08/2020	29/05/2021	07/12/2022	09/10/2023	08/06/2024		30/09/2025
19	Saint-Jean-de-Monts	23/09/2013				25/05/2017 07/10/2017	21/06/2018 11/08/2018	17/06/2019	30/07/2020	13/08/2021	07/12/2022	04/10/2023	09/06/2024	03/10/2024	30/09/2025
								17/06/2019							
20	Saint-Gilles Brétignolles				06/10/2016	25/05/2017 07/10/2017	21/06/2018	23/07/2019	30/07/2020	13/08/2021	07/12/2022	04/10/2023	08/06/2024	03/10/2024	01/10/2025
21	Bretignolles Olonne				06/10/2016	25/05/2017	21/06/2018	17/06/2019	30/07/2020	14/08/2021	07/12/2022	04/10/2023	08/06/2024	04/10/2024	01/10/2025
22	Sables-d'Olonne					25/05/2017 11/10/2017	21/06/2018	18/06/2019	30/07/2020	14/08/2021	07/12/2022	09/10/2023	08/06/2024		01/10/2025
23	La Payré					11/10/2017		23/07/2019					08/06/2024	03/10/2024	
24	Jard-sur-Mer	24/09/2013				25/05/2017 11/10/2017	21/06/2018	18/06/2019 23/07/2019	30/07/2020	14/08/2021	07/12/2022	09/10/2023			01/10/2025
25	Les-Conches-Longeville					25/05/2017	21/06/2018	18/06/2019	08/08/2020	14/08/2021	07/12/2022 13/11/2022	09/10/2023	09/06/2024	04/10/2024	01/10/2025
26	La-Tranche-sur-Mer					25/05/2017 11/10/2017	21/06/2018	18/06/2019 23/07/2019	08/08/2020	15/08/2021	07/12/2022	08/10/2023	09/06/2024	04/10/2024	01/10/2025
27	La-Faute-sur-Mer	24/09/2013			06/10/2016	25/05/2017	21/06/2018	18/06/2019	08/08/2020	14/08/2021	13/11/2022	08/10/2023	09/06/2024	04/10/2024	01/10/2025
28	Aiguillon					18/06/2019		18/06/2019	08/08/2020	14/08/2021	13/11/2022	08/10/2023			01/10/2025

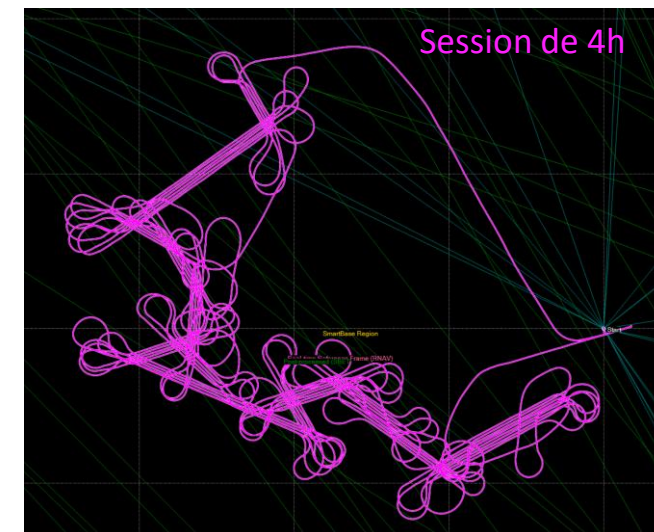


INSU

Décharge d'enseignement pour la réalisation de tâches d'observation



2026-5 : acquisitions faites les 25 et 26



Session de 4h

Exemple de trajectoire d'une mission aéroportée de 2023 au départ de Saint-Nazaire



10 ANS DE L'OR2C

Principe du LiDAR

Light Detection And Ranging
Télémétrie laser

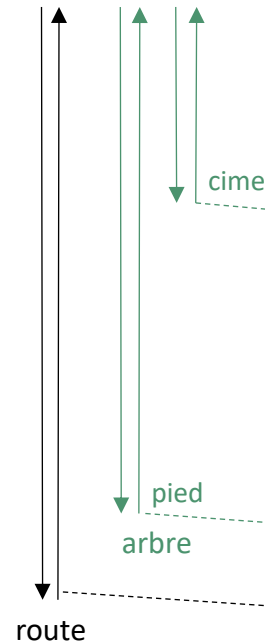
Une impulsion laser d'une nanoseconde est envoyée vers le sol. Le temps de son aller-retour permet de calculer une distance de 15 cm par nanoseconde.

Ce retour est un écho ponctuel d'intensité variable en fonction de tous les matériaux traversés.

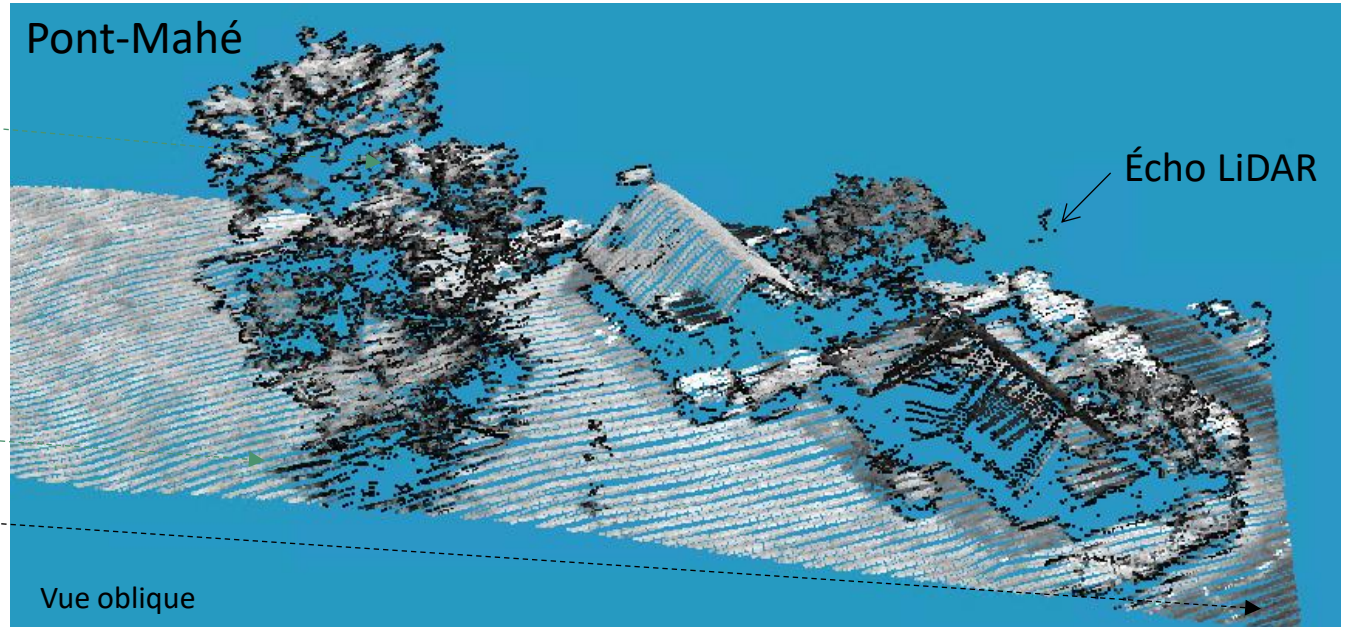
En distinguant arbres et bâtiments par leur forme on construit :

- **Modèle Numérique de Surface** (enveloppe supérieur des points)
- **Modèle Numérique de Terrain** (interpolation des surfaces sous les arbres et bâtiments)

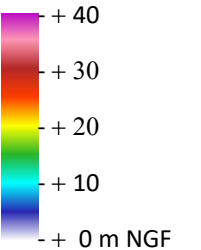
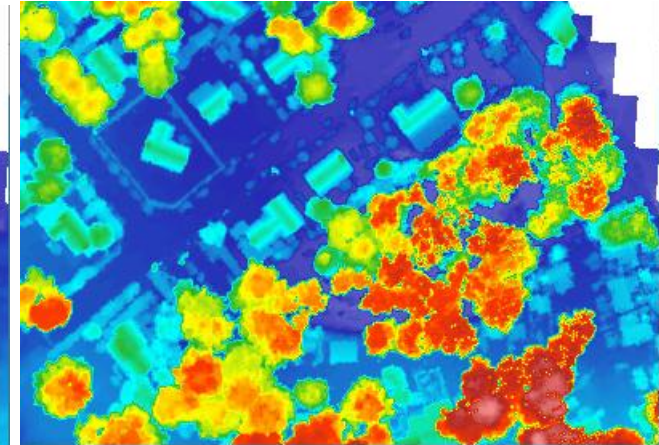
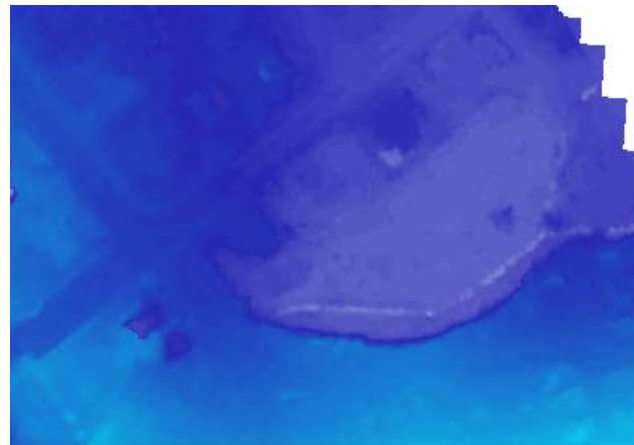
Laser infrarouge à 1064 nm



L'intensité du retour est proportionnelle aux propriétés de la surface.



MNT



MNS



Principe du LiDAR

Une fréquence d'impulsion laser de 175 kHz du Titan permet d'atteindre une résolution de 23 cm mais uniquement le long des lignes de balayage en rouge.

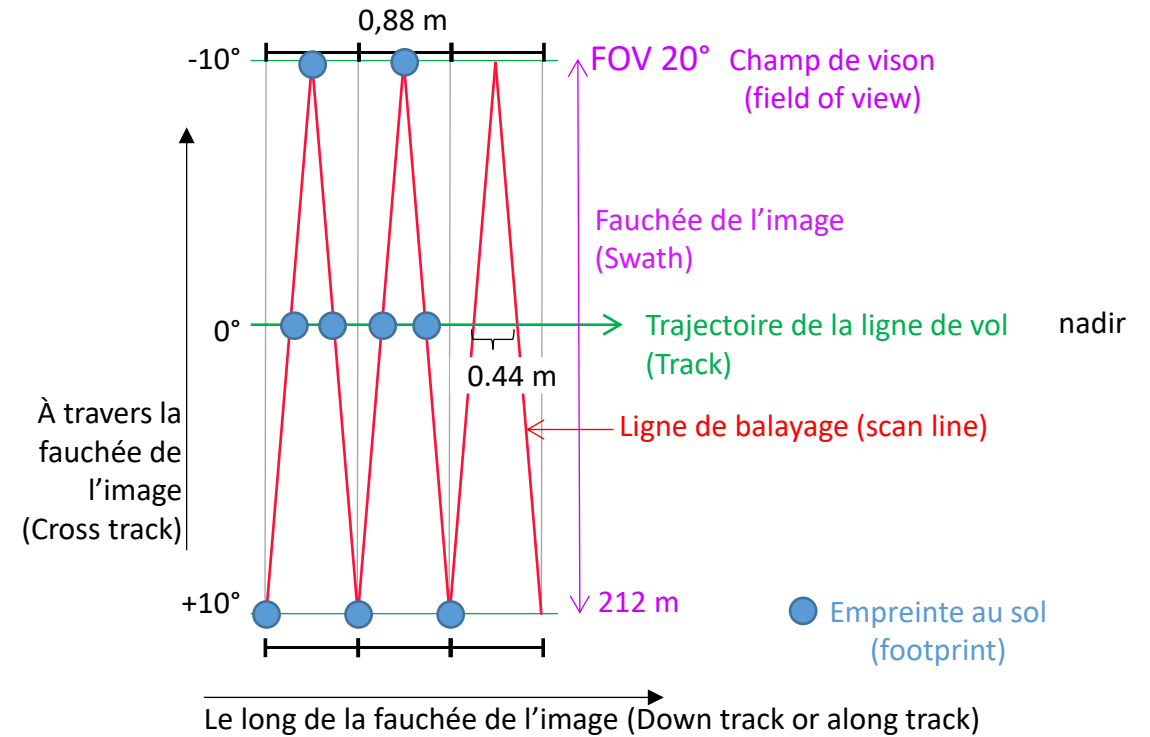
La densité moyenne annoncée de **12,3 points** au m^2 est trompeuse car non uniforme. Elle est de 9 pt/ m^2 au nadir et 4,4 pt/ m^2 sur les cotés dans la direction du vol.

- La résolution dans la direction du vol est donnée par la vitesse de l'avion

81 cm à 110 kt 204 km/h
88 cm à 120 kt 222 km/h
96 cm à 130 kt 241 km/h

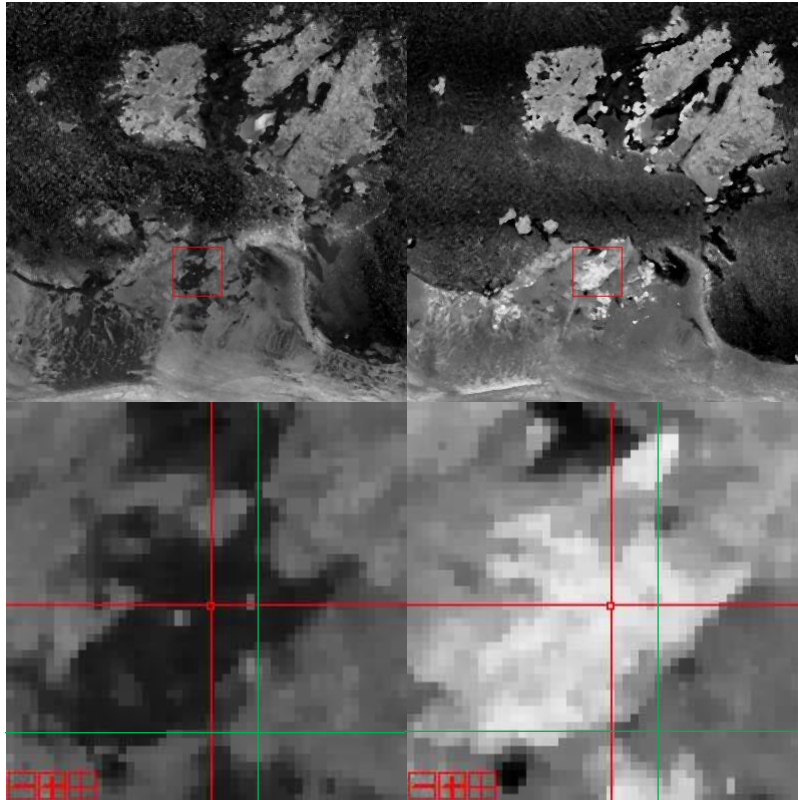


Schéma synthétique d'un vol à 600 m au-dessus du sol



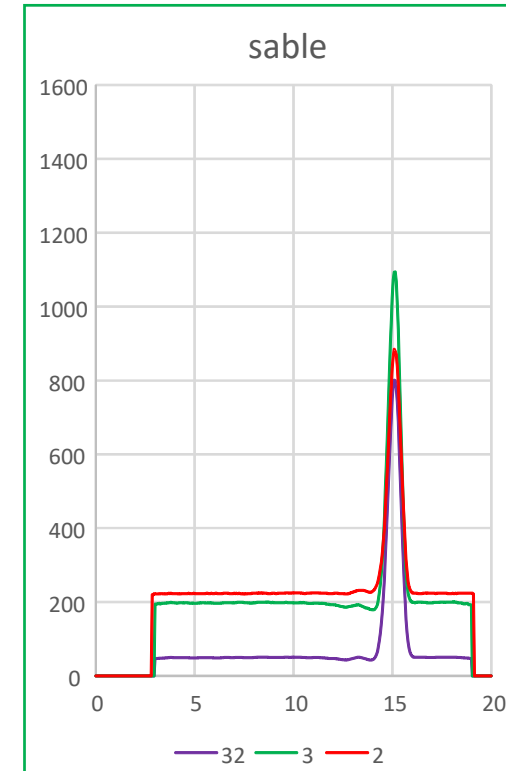
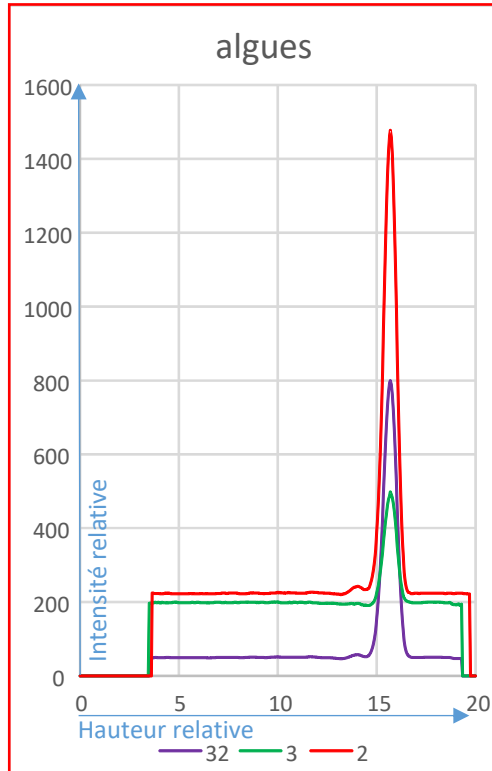
Intérêt de l'enregistrement de la forme d'onde

Intensité maximum des retours de :
laser vert laser infrarouge

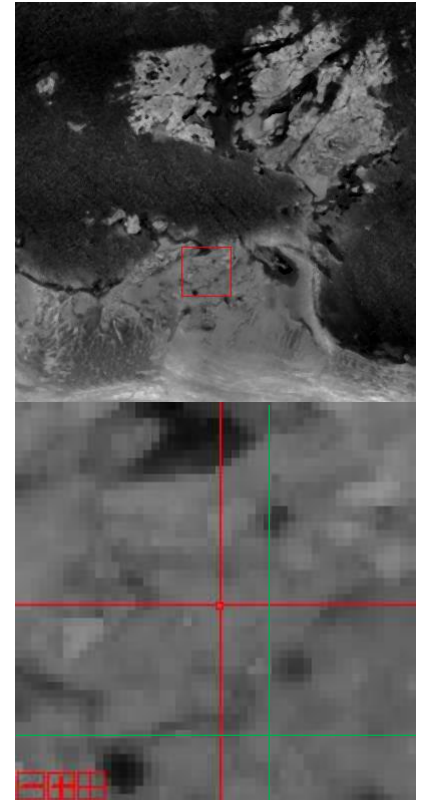


Pixel 1m x 1m

C32 combinaison du laser
vert 532 nm C3, du laser
infrarouge 1064 nm C2



Intensité maximum des retours des
combinaisons de laser vert et infrarouge



résolution verticale 5 cm en 300 à 600 canaux / pixel sur 15 à 30 m d'enregistrement

Avant combinaison la végétation sombre du vert complique la délimitation des zones couvertes d'eau et sa clarté dans l'infrarouge induit des confusions avec l'écume des vagues.

Après combinaison le contraste terre/mer est plus régulier et facile à identifier

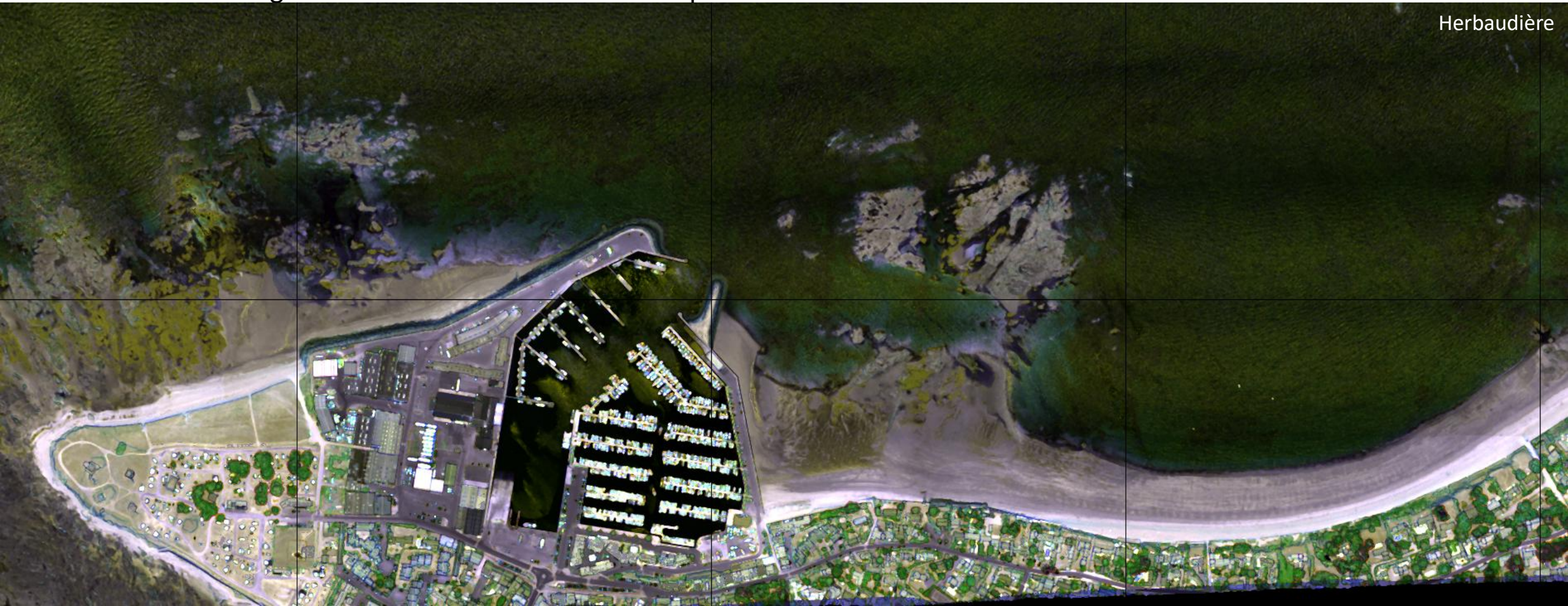


10 ANS DE L'OR2C



Intérêt de l'enregistrement de la forme d'onde complète

Herbaudière



Composition colorée des **moyennes** et **maximums** des intensités de formes d'ondes (laser vert et infrarouge) et **moyennes** des intensités d'échos discrets (laser vert)

30 07 2020

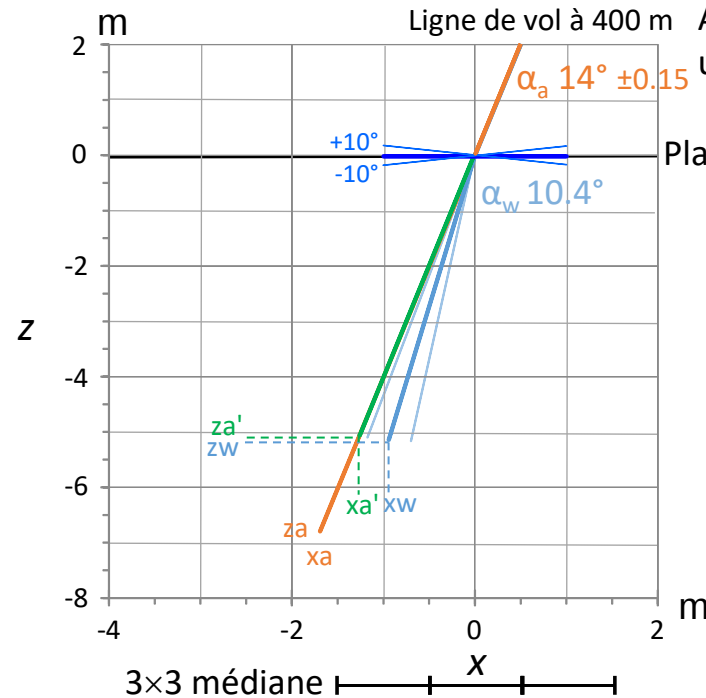
➤ Visualisation rapide de la nature des matériaux rencontrés par photo-interprétation sans photographie

Modèle Numérique de Bathymétrie – corrigé de la réfraction et du ralentissement de la lumière dans l'eau de mer d'indice 1,34

téléométrie

Range air (Ra) surface de l'eau $\pm 10^\circ$ waves

Range eau (Rw) avec réfraction dans l'eau (Rw)



Ligne de vol à 400 m Avion à 400m au dessus du sol et un FOV de 28° donne un FOV de 0.3° par pixel de 1 m

Plan de projection de l'image

(xa,za) extrémité du faisceau LiDAR (Range) à 14°

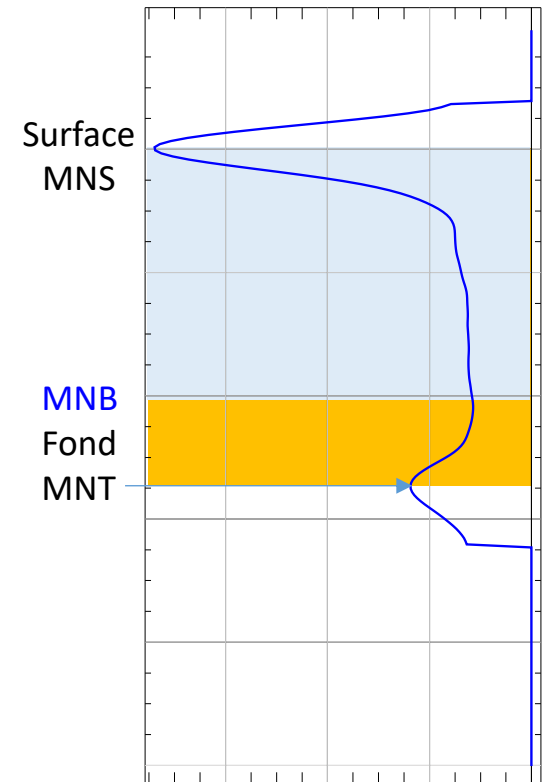
(xa',za') idem avec ralentissement en $1/n_w$

(xw,zw) idem avec réfraction $\alpha_w = \arcsin(\sin \alpha_a / n_w)$

De 0° à 14° les coordonnées restant dans un même pixel de 1 m la correction bathymétrique se simplifie selon R en:

$$Rw_{536nm} = Ra_{1064nm} + \frac{(Ra_{536nm} - Ra_{1064nm})}{n_w} \times \frac{\cos(\alpha_w)}{\cos(\alpha_a)}$$

La résolution R de 0.15 m passe à 0.11 m dans l'eau salée (indice 1.34) ($1/1.34 = 0.75$)





10 ANS DE L'OR2C

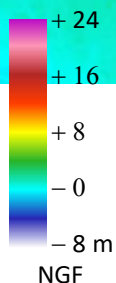


MNB

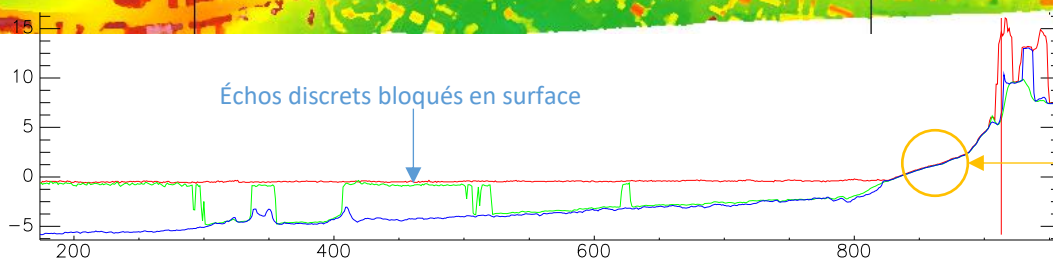
profil

Herbaudière

La précision contrôlée par dGPS au sol de M. Juigner est de 5 cm au sol et ~15 cm en eau modérément turbide



MNS laser infrarouge
MNT laser vert
MNB des fonds marins et forestiers



30 07 2020

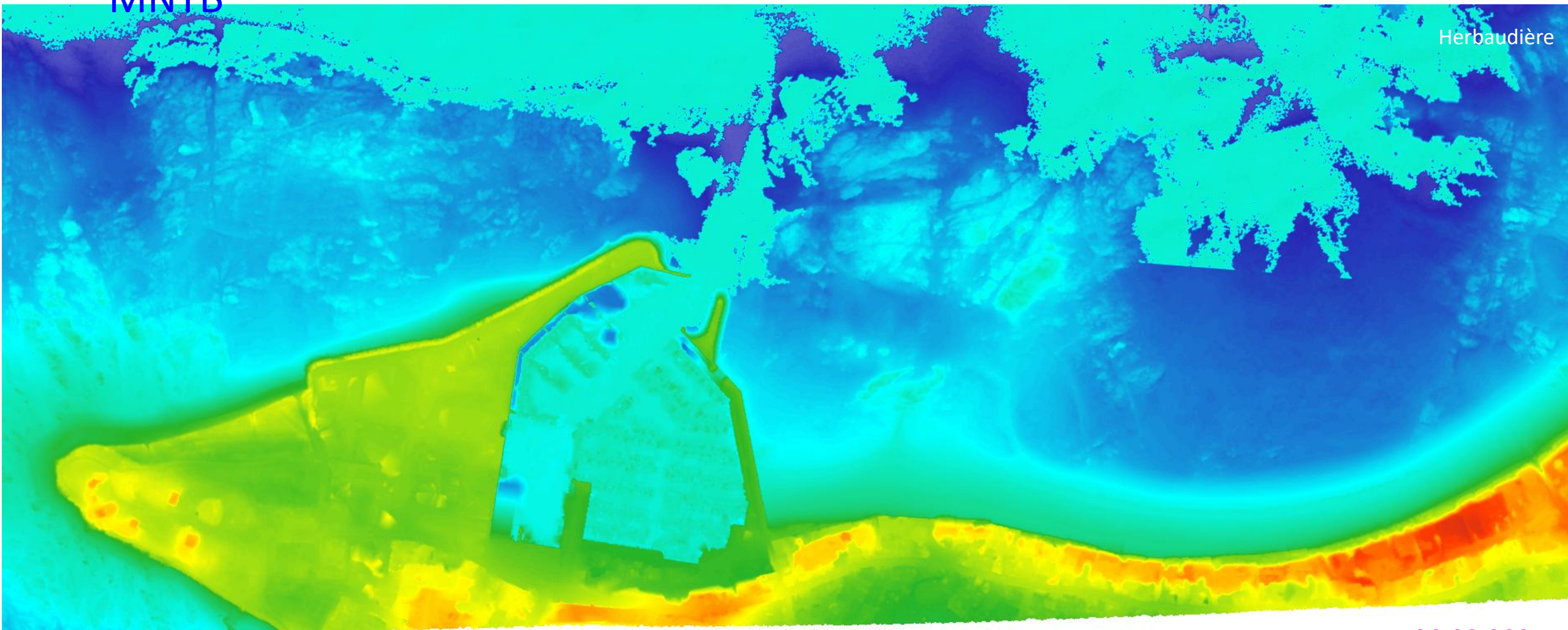


10 ANS DE L'OR2C



MNTB

Herbaudière

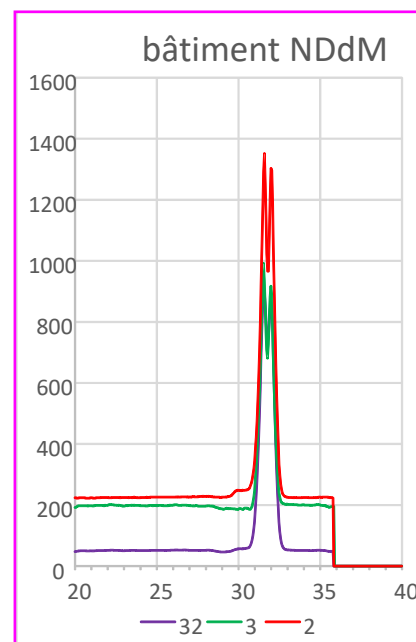
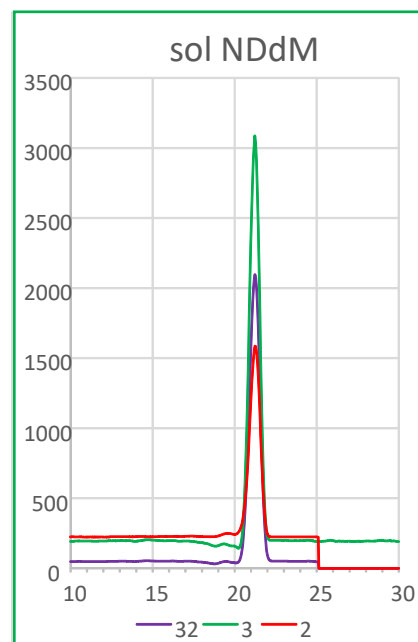
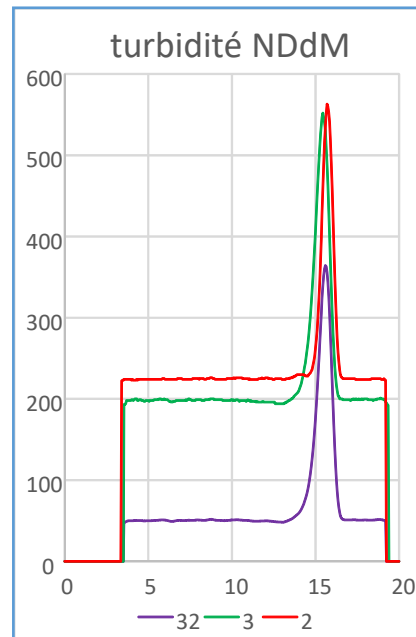
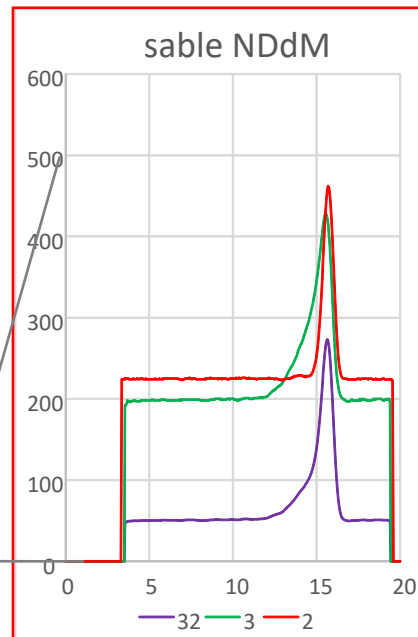
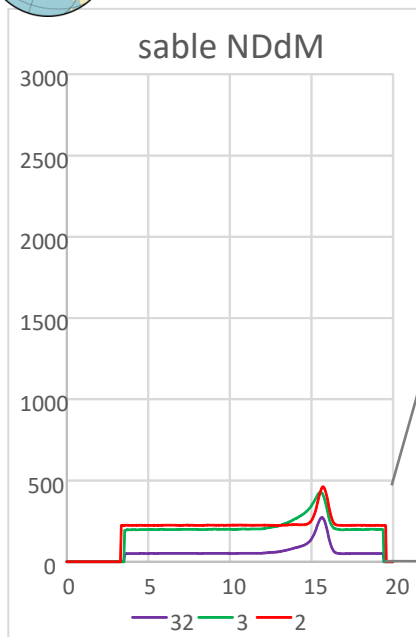


30 09 2025

Calcul rapide de bathymétrie en mode discret **MNTB** en cours de mise en ligne de 2020 à 2025
Uniquement valable en eau claire



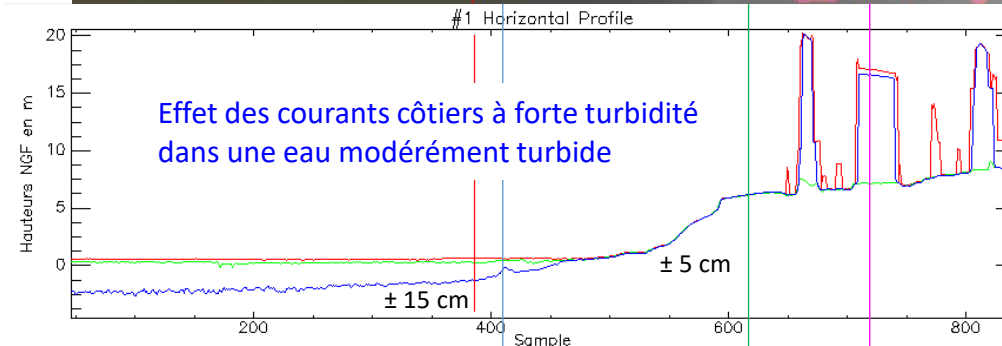
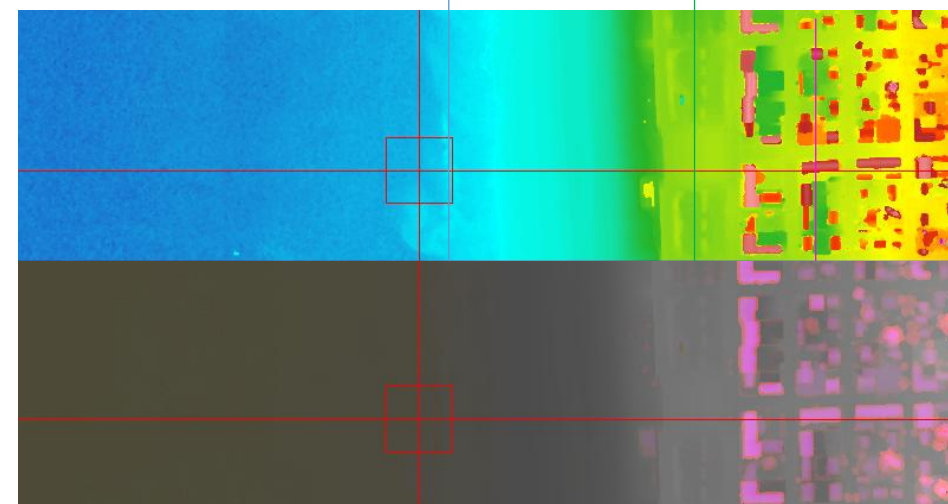
10 ANS DE L'OR2C



Profondeurs brutes avant correction bathymétrique
Seul le vert pénètre dans l'eau, l'infrarouge y est absorbé ou réfléchi à sa surface par effet spéculaire (reflet miroir)

Cette méthodologie est testée en ce moment avec le SHOM sur une transversale commune des LiDAR Titan et CZMIL entre Yeu et Noirmoutier

Plage de Notre Dame de Monts



Profondeurs bathymétriques corrigées

Doublet du pic provoqué par la pente de la toiture

➤ 1^{er} écho calculé à la surface

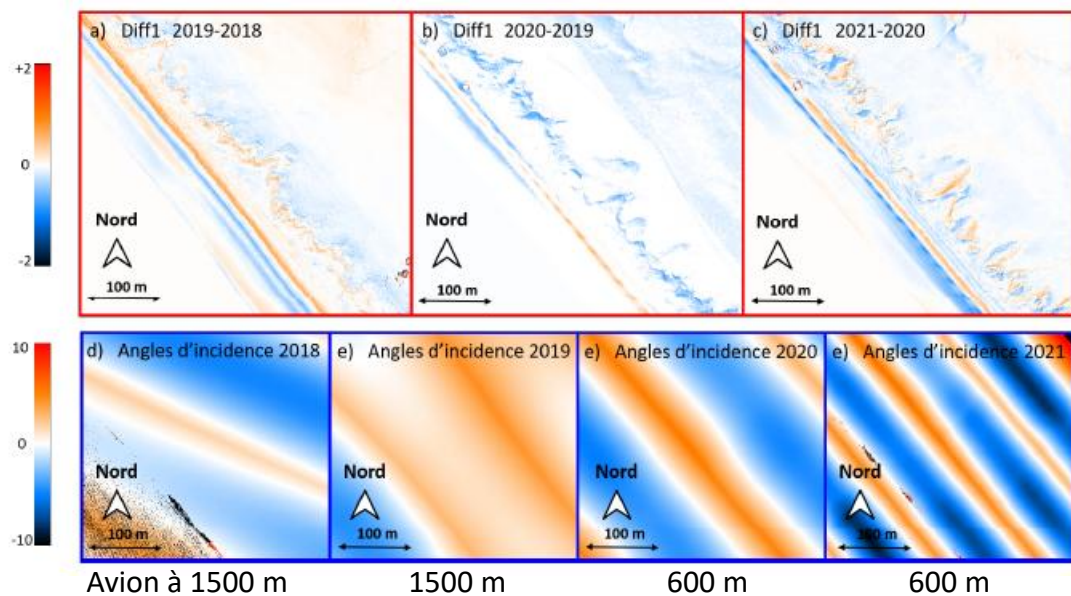
➤ Base du signal corrigé d'un offset de sol

Effet de pente

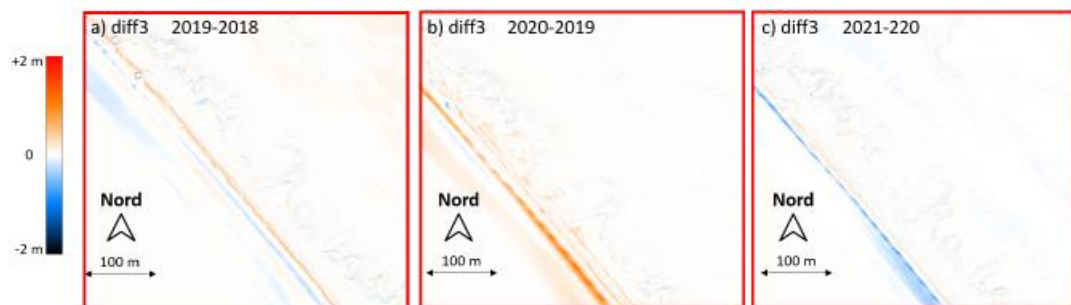


Thèse Giovanni Frati 2021

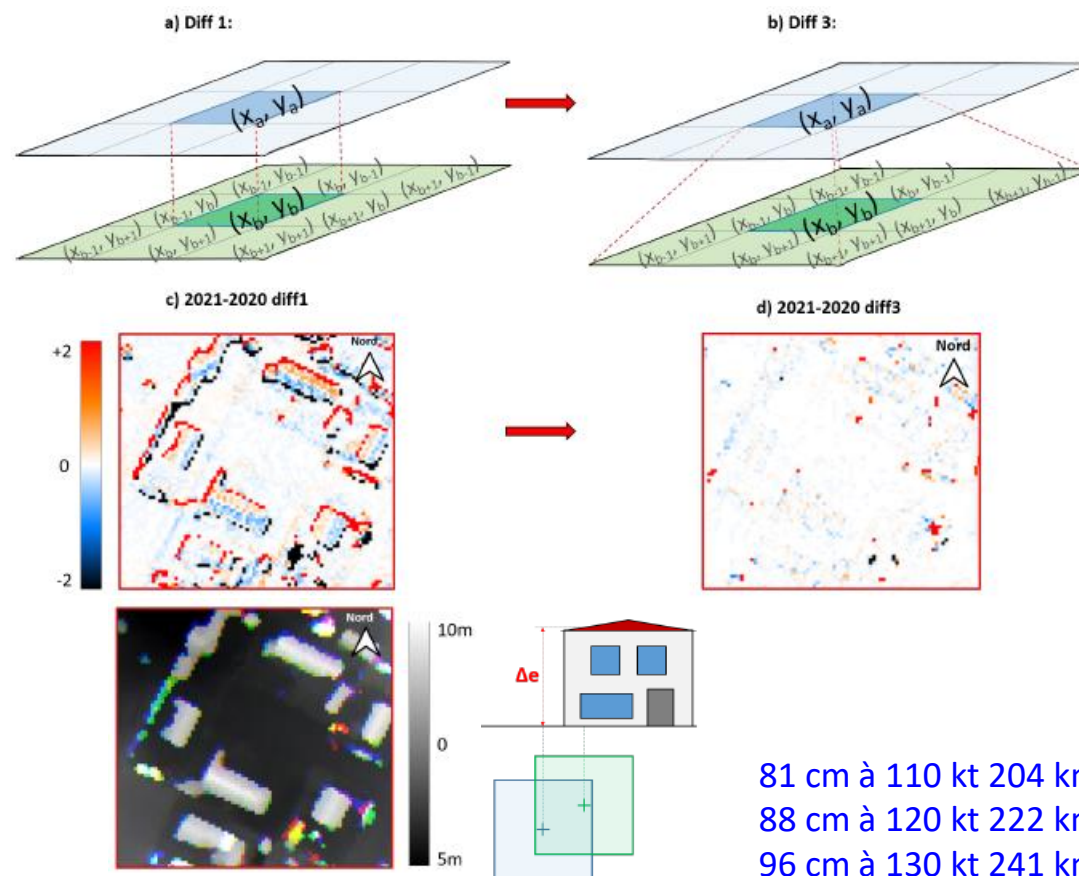
Exemple de la Tresson à la Guérinière



La détection des changements doit se faire dans un voisinage de 3x3 pixels



Une pixellisation des données pour rester au plus proche de la trame d'acquisition



La détection de changements peut se faire directement en raster (image numérique)



10 ANS DE L'OR2C



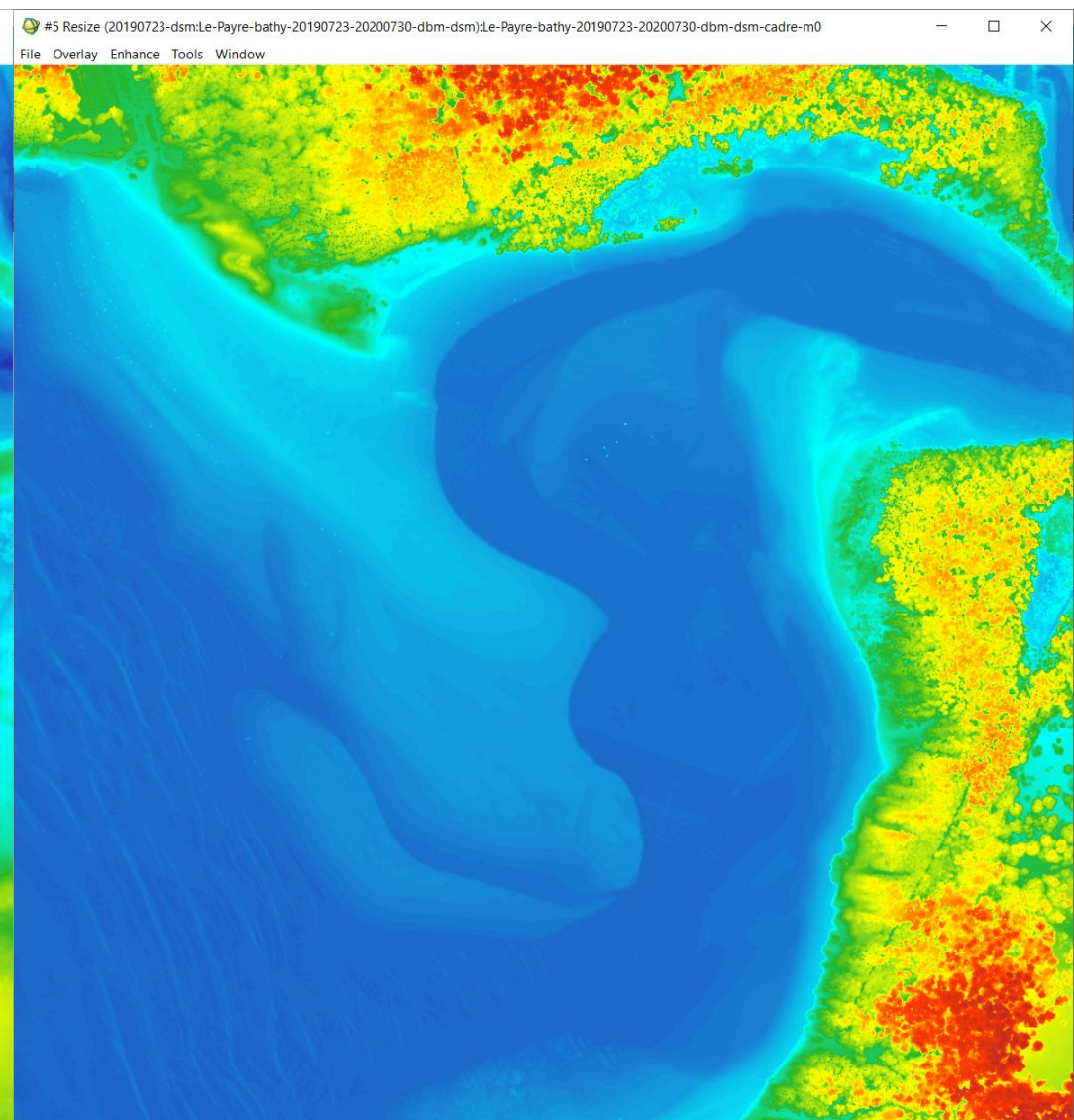
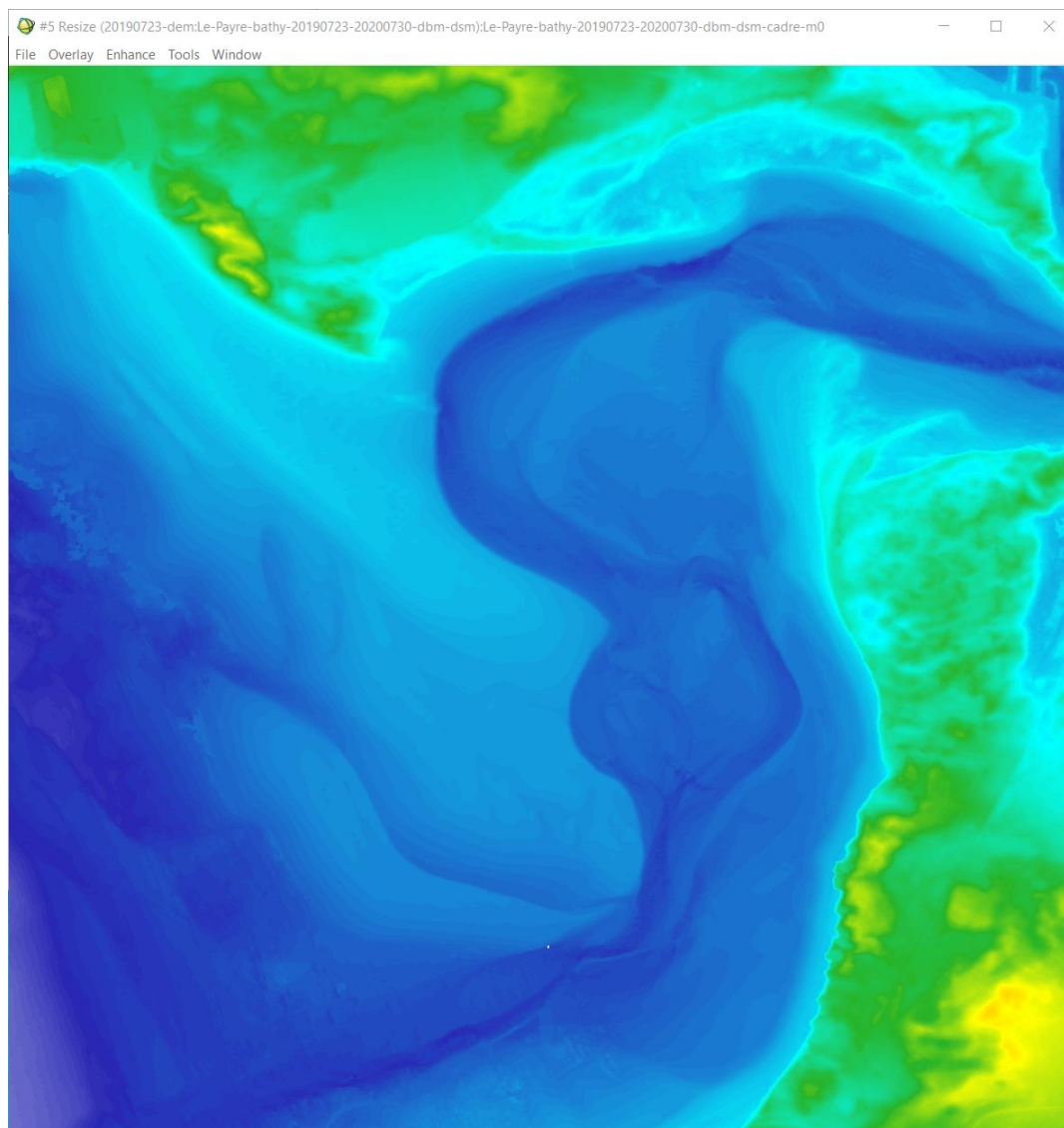
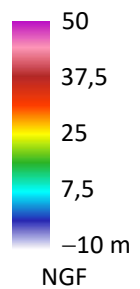
Plage du Veillon

20190723-mntb

20190723-mnsb

20200730-mnb

20200730-mns





10 ANS DE L'OR2C



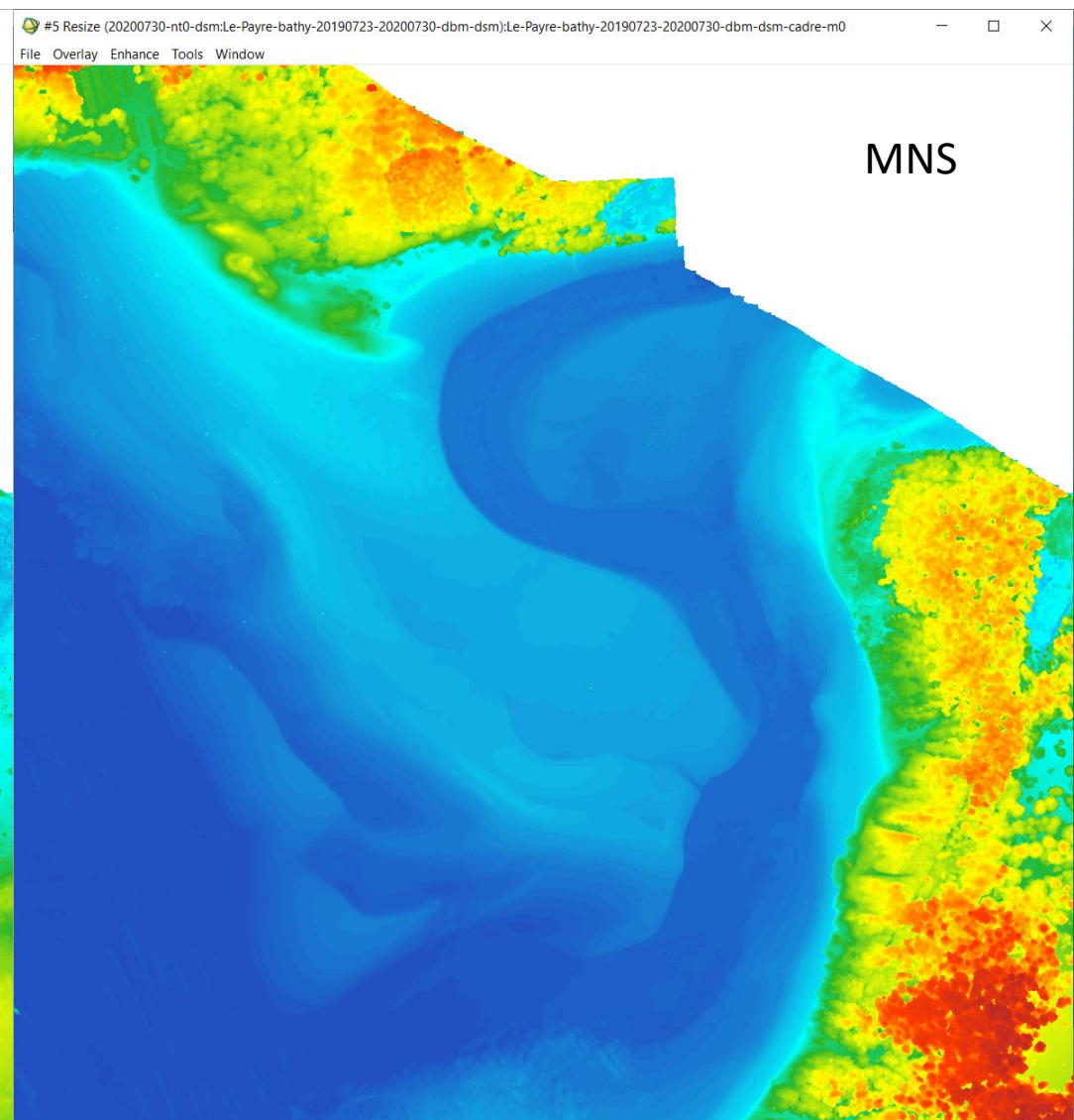
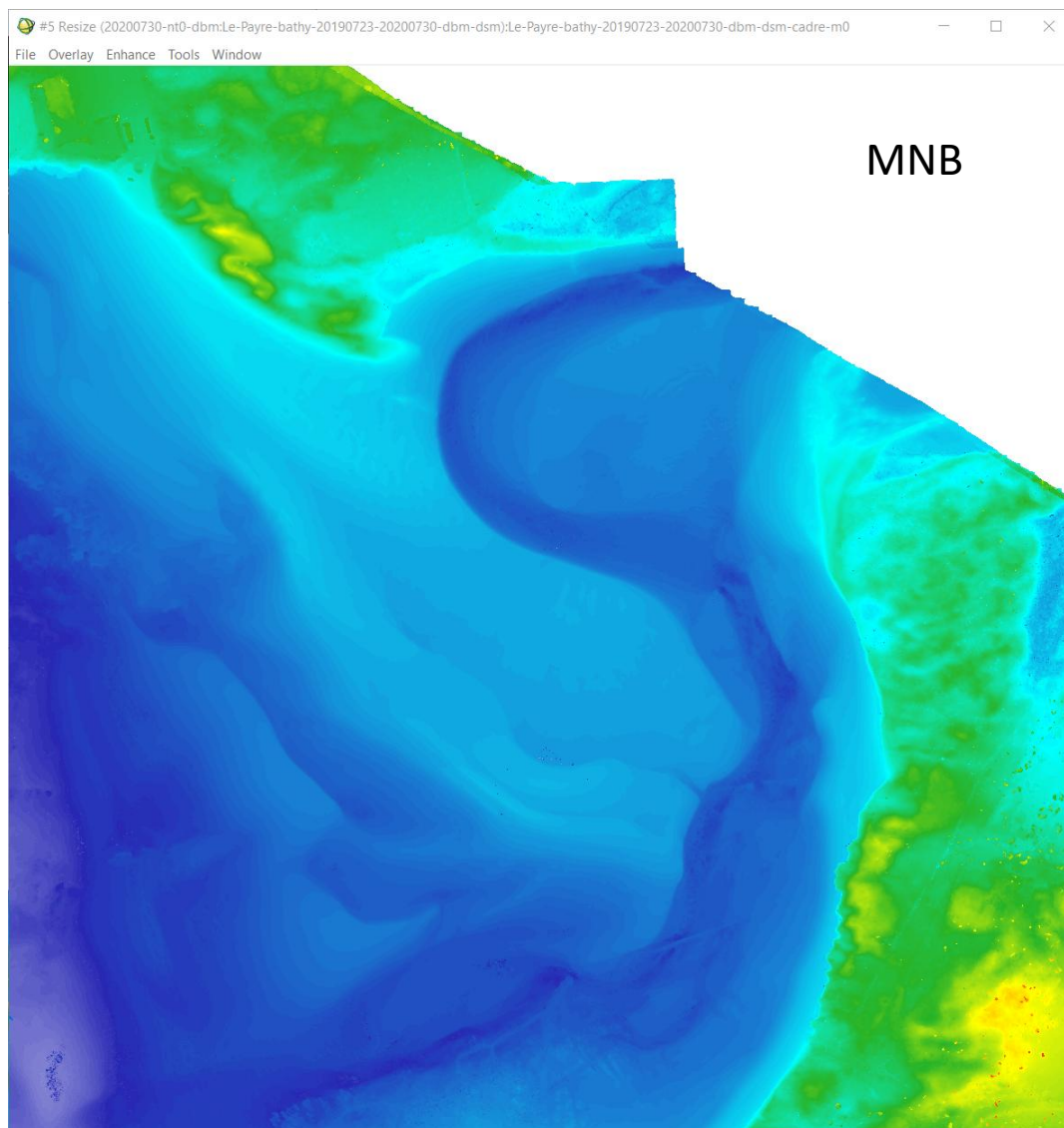
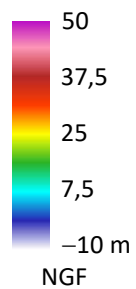
Plage du Veillon

20190723-mntb

20190723-mnsb

20200730-mnb

20200730-mns





10 ANS DE L'OR2C



Plage du Veillon

20190723-mntb

20190723-mnsb

20200730-mnb

20200730-mns

2020-2019

