

Plateforme LiDAR Nantes Rennes Caen

Démonstration de topo-bathymétrie à la Pointe d'Ailly





- Liste des fichiers mis à disposition diapo 2
- Préambule sur la méthodologie diapo 3 à 5
- Paramètres de vol diapo 6
- Analyse de la Pointe d'Ailly diapo 7
- Forme d'onde vert-IR combinée diapo 8
- Modèle Numérique de Bathymétrie diapo 9
- Fausses couleurs de la surface diapo 10
- Zooms MNB avec photographies diapo 11 à 12

<https://osuna.univ-nantes.fr/plateforme-lidar/pointe-dailly-2024>

<https://ids.osuna.univ-nantes.fr/geonetwork/sno-dynalit/fre/catalog.search#/metadata/90a5db3c-e9c6-4e0d-ab81-6caa8a236a83>

Données brutes

-  Ailly-20240621-1-MM01-S5-L001-C2-r.las ➤ Nuage de points d'échos discrets
-  Ailly-20240621-1-MM01-S5-L001-C2-r_w.las ➤ Nouage de points d'ancrage des formes d'ondes
-  Ailly-20240621-1-MM01-S5-L001-C2-r_w.wdp.lz ➤ Formes d'onde compressée par plzip
-  Ailly-20240621-1-MM01-S5-L001-C3-r.las
-  Ailly-20240621-1-MM01-S5-L001-C3-r_w.las
-  Ailly-20240621-1-MM01-S5-L001-C3-r_w.wdp.lz
-  Ailly-20240621-1-MM01-S6-L002-C2-r.las
-  Ailly-20240621-1-MM01-S6-L002-C2-r_w.las
-  Ailly-20240621-1-MM01-S6-L002-C2-r_w.wdp.lz
-  Ailly-20240621-1-MM01-S6-L002-C3-r.las
-  Ailly-20240621-1-MM01-S6-L002-C3-r_w.las
-  Ailly-20240621-1-MM01-S6-L002-C3-r_w.wdp.lz
-  Ailly-20240621-1-MM01-S9-L003-C2-r.las
-  Ailly-20240621-1-MM01-S9-L003-C2-r_w.las
-  Ailly-20240621-1-MM01-S9-L003-C2-r_w.wdp.lz
-  Ailly-20240621-1-MM01-S9-L003-C3-r.las
-  Ailly-20240621-1-MM01-S9-L003-C3-r_w.las
-  Ailly-20240621-1-MM01-S9-L003-C3-r_w.wdp.lz
-  Ailly-20240621-1-MM01-S10-L004-C2-r.las
-  Ailly-20240621-1-MM01-S10-L004-C2-r_w.las
-  Ailly-20240621-1-MM01-S10-L004-C2-r_w.wdp.lz
-  Ailly-20240621-1-MM01-S10-L004-C3-r.las
-  Ailly-20240621-1-MM01-S10-L004-C3-r_w.las
-  Ailly-20240621-1-MM01-S10-L004-C3-r_w.wdp.lz
-  Ailly-20240621-1-MM01-S16-L006-C2-r.las
-  Ailly-20240621-1-MM01-S16-L006-C2-r_w.las
-  Ailly-20240621-1-MM01-S16-L006-C2-r_w.wdp.lz
-  Ailly-20240621-1-MM01-S16-L006-C3-r.las
-  Ailly-20240621-1-MM01-S16-L006-C3-r_w.wdp.lz

Nuages de points

Ailly-20240621-las-wdp.zip

Dans l'attente d'une mise en ligne
demander directement les
données sources et résultats à
patrick.launeau@univ-nantes.fr

Mise en œuvre aéroportée financée par DYNALIT

Données C2 à 1064 nm et C3 à 532 nm au format ENVI IDL ouvrable sous QGIS

-  Ailly-2024-echos-elevations-C2 ➤ Élévation des échos discrets C2
-  Ailly-2024-echos-elevations-C2.hdr
-  Ailly-2024-echos-elevations-C3 ➤ Élévation des échos discrets C3
-  Ailly-2024-echos-elevations-C3.hdr
-  Ailly-2024-echos-intensities-C2 ➤ Intensités des échos discrets C2
-  Ailly-2024-echos-intensities-C2.hdr
-  Ailly-2024-echos-intensities-C3 ➤ Intensités des échos discrets C3
-  Ailly-2024-echos-intensities-C3.hdr
-  Ailly-2024-full-waves-C2 ➤ Formes d'onde C2 (version à 801 canaux sur 2000)
-  Ailly-2024-full-waves-C2.hdr
-  Ailly-2024-full-waves-C3 ➤ Formes d'onde C3 (version à 801 canaux sur 2000)
-  Ailly-2024-full-waves-C3.hdr
-  Ailly-2024-incidence-mask-C2 ➤ Angles incidence C2
-  Ailly-2024-incidence-mask-C2.hdr
-  Ailly-2024-incidence-mask-C3 ➤ Angles incidence C3
-  Ailly-2024-incidence-mask-C3.hdr
-  Ailly-20240621-C2-r-dem-dsm-C3-mrlRV-cadre ➤ Compilation des MNT et MNS C2 et C3 corrigés
-  Ailly-20240621-C2-r-dem-dsm-C3-mrlRV-cadre.hdr
-  Ailly-20240621-full-waves-C23-med3-vira7-200-dz15-C2gain025_fPFO_u-fe03-ring025_dbm ➤ MNB bathymétrie corrigé (voir diapo 4)
-  Ailly-20240621-full-waves-C23-med3-vira7-200-dz15-C2gain025_fPFO_u-fe03-ring025_dbm.hdr
-  Ailly-20240621-full-waves-C23-med3-vira7-200-dz15-C2gain025_fPFO_u-fe03-ring025_dbmc ➤ Classification
-  Ailly-20240621-full-waves-C23-med3-vira7-200-dz15-C2gain025_fPFO_u-fe03-ring025_dbmc.hdr
-  Ailly-20240621-full-waves-C23-med3-vira7-200-dz15-C2gain025_fPFO_u-fe03-ring025_dhme ➤ Compilation des MNE (MNT MNS MNB C2 et C3)
-  Ailly-20240621-full-waves-C23-med3-vira7-200-dz15-C2gain025_fPFO_u-fe03-ring025_dhme.hdr
-  Ailly-20240621-full-waves-C23-med3-vira7-200-dz15-C2gain025_fPFO_u-fe03-ring025_dhmi ➤ Compilation des statistiques d'intensité
-  Ailly-20240621-full-waves-C23-med3-vira7-200-dz15-C2gain025_fPFO_u-fe03-ring025_dhmi.hdr
-  Ailly-20240621-full-waves-C23-med3-vira7-200-dz15-C2gain025_fPFO_u-fe03-ring025_dhmv ➤ NDVI et autres paramètres C2 C3
-  Ailly-20240621-full-waves-C23-med3-vira7-200-dz15-C2gain025_fPFO_u-fe03-ring025_dhmv.hdr
-  Ailly-20240621-full-waves-C23-med3-vira7-200-dz15-C2gain025_fPFO_u-fe03-ring025_dsmv2-3 ➤ Différences entre MNS C2 et C3
-  Ailly-20240621-full-waves-C23-med3-vira7-200-dz15-C2gain025_fPFO_u-fe03-ring025_dsmv2-3.hdr
-  Ailly-20240621-full-waves-C23-med3-vira7-200-dz15-C2gain025_fPFO_u-fe03-ring025_FWF ➤ Combinaison de forme d'onde C2 C3 en C23
-  Ailly-20240621-full-waves-C23-med3-vira7-200-dz15-C2gain025_fPFO_u-fe03-ring025_FWF.hdr
-  Ailly-20240621-full-waves-C23-med3-vira7-200-dz15-C2gain025_fPFO_u-fe03-ring025_pente ➤ Pente de forme d'onde C23 sous le 1^{er} pic
-  Ailly-20240621-full-waves-C23-med3-vira7-200-dz15-C2gain025_fPFO_u-fe03-ring025_pente.hdr
-  Ailly-20240621-full-waves-C23-med3-vira7-200-dz15-C2gain025_fPFO_u-fe03-ring025_Topdiff ➤ Centrage de la forme d'onde C23 sur son 1^{er} pic
-  Ailly-20240621-full-waves-C23-med3-vira7-200-dz15-C2gain025_fPFO_u-fe03-ring025_Topdiff.hdr
-  Ailly-20240621-full-waves-C23-med3-vira7-200-dz15-C2gain025_fPFO_u-fe03-ring025_Topdiff-h ➤ Hauteur du 1^{er} pic de forme d'onde combinée C23
-  Ailly-20240621-full-waves-C23-med3-vira7-200-dz15-C2gain025_fPFO_u-fe03-ring025_vue ➤ Composition colorée visualisation
-  Ailly-20240621-full-waves-C23-med3-vira7-200-dz15-C2gain025_fPFO_u-fe03-ring025_vue.hdr

Ailly-20240621-part-1.zip

Ailly-20240621-part-2.zip

Ailly-20240621-full-waves-801-C2-med3.zip

Ailly-20240621-full-waves-801-C3-med3.zip

Ailly-20240621-full-waves-801-C23-med3-vira7-200-

dz15-C2gain025_fPFO_u-fe03-ring025_FWFi.zip

Images 3D X Y V

V pour vecteur du tir laser moyen
par pixel selon angle d'incidence
des canaux C2 et C3

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

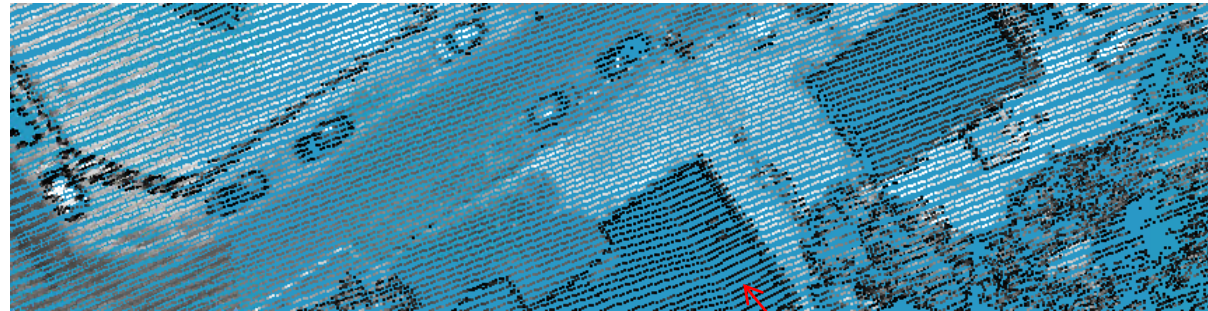
En aéroporté, la résolution au sol est donnée par l'angle d'ouverture du faisceau laser (iFOV).

A 600 m le laser vert du Titan forme une empreinte au sol de 42 cm alors que celle du laser infrarouge n'est que de 32 cm

L'espacement entre les lignes de balayage définit la résolution finale au sol.
En avion à 240 km/h elle est de 48 cm au nadir mais seulement de 96 cm sur les côtés de la fauchée.

Pour éviter les trous dans les données les produits finis devraient théoriquement avoir une résolution de 96 cm.

Grace au recouvrement des fauchées en bordures une résolution plus fine à 50 cm est envisageable dans cet exemple.

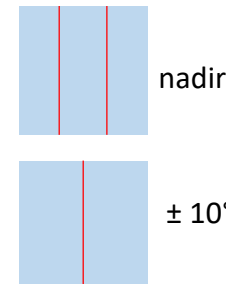


Recouvrement entre deux fauchées

Trace du balayage effectif au sol

Une fréquence d'impulsion laser de 175 kHz dans ce cas de figure permet d'atteindre une résolution de 23 cm mais uniquement le long des lignes de balayage. La densité moyenne annoncée de **12,3 points au m²** est trompeuse car non uniforme. Elle est de 9 pt/m² au nadir et 4,4 pt/m² sur les cotés dans la direction du vol.

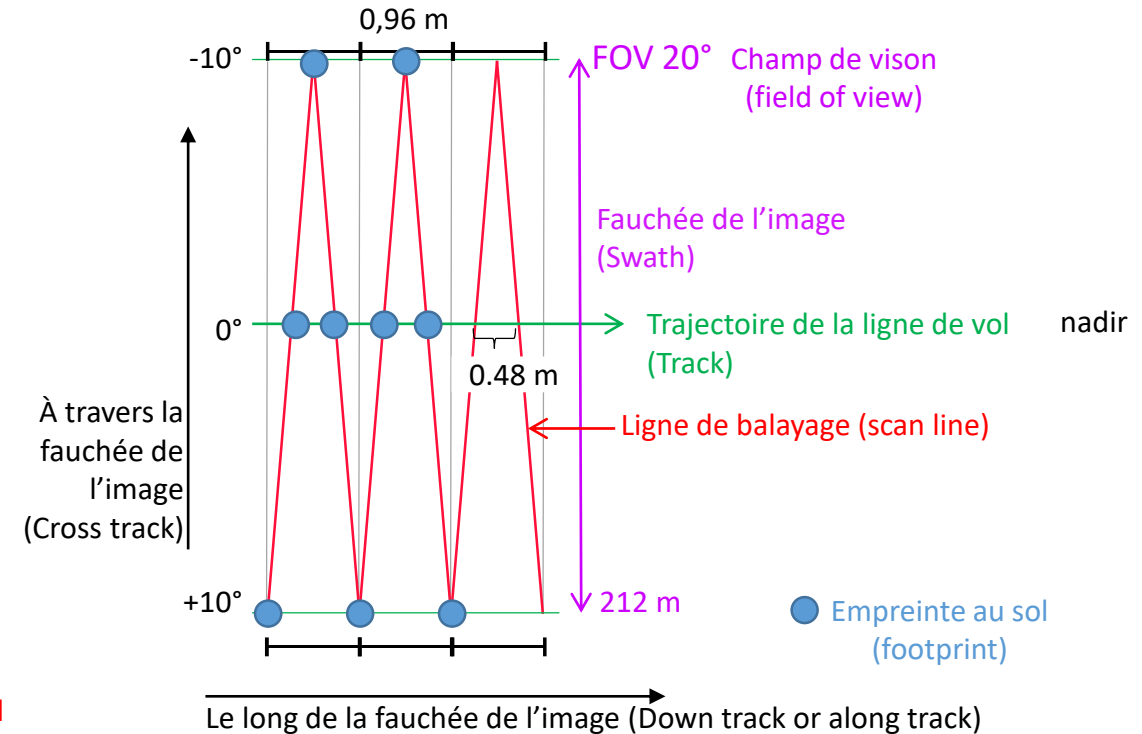
A 300 kHz on pourrait atteindre 14 cm et **21,2 pt/m²** mais toujours avec un gap de 96 cm en bordure et 48 cm au nadir et avec perte des retours d'onde. Mais cette fréquence n'est pas adaptée à l'enregistrement des retours d'onde.



nadir

± 10°

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



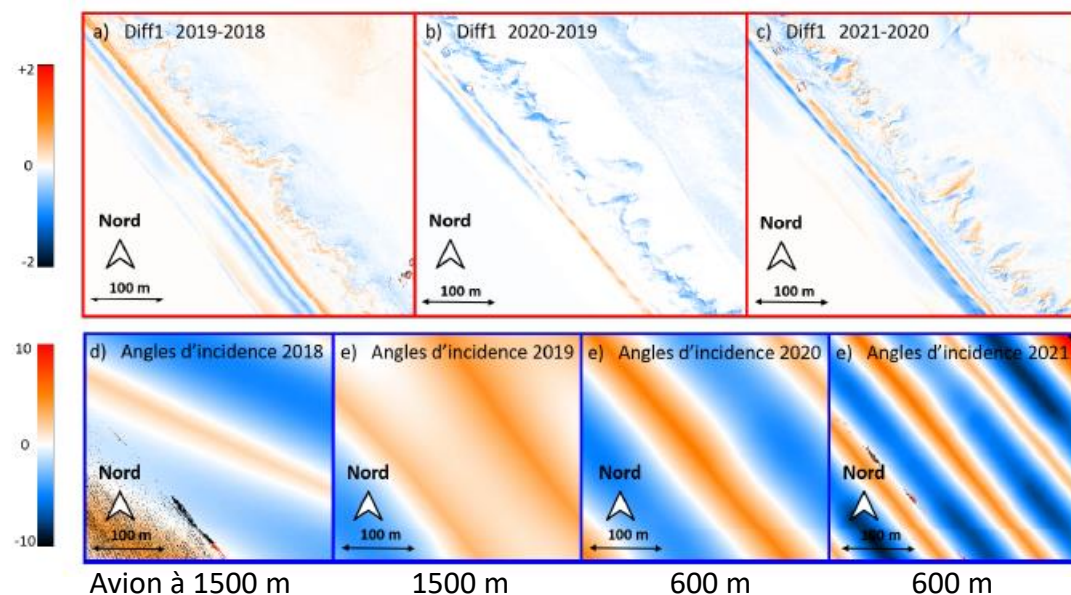
➤ La résolution dans la direction du vol est donnée par la vitesse de l'avion

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

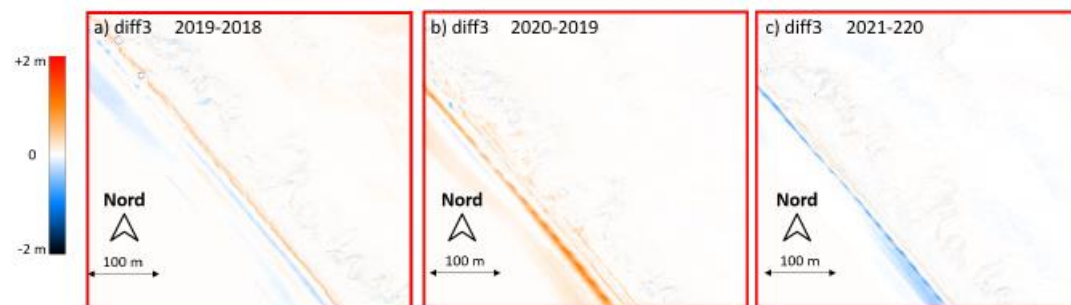
Une pixellisation des données pour rester au plus proche de la trame d'acquisition

Thèse Giovanni Frati 2021

Exemple de la Tresson à la Guérinière

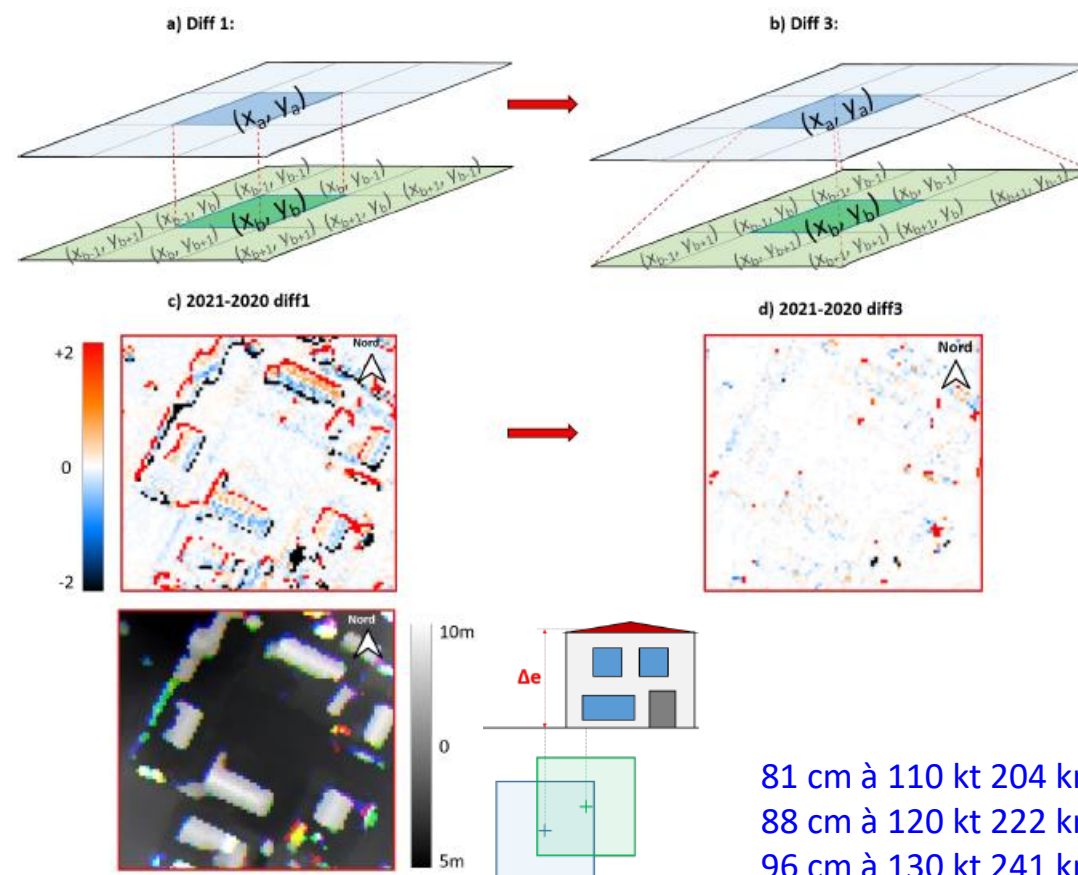


La détection des changements doit se faire dans un voisinage de 3x3 pixels



Superposition des pixels

La localisation des quatre coins des pixels au centimètre près n'est pas possible à partir d'avions volant à 240 km/h (15 millisecondes par pixel de 1 m).
A 600 m d'altitude l'espacement entre les lignes de balayage du laser va jusqu'à 88 cm et à 1500 m d'altitude il va jusqu'à 98 cm et seule une taille de 1 m par pixel permet de s'affranchir du bruit.



La détection de changements MNC peut se faire directement en raster

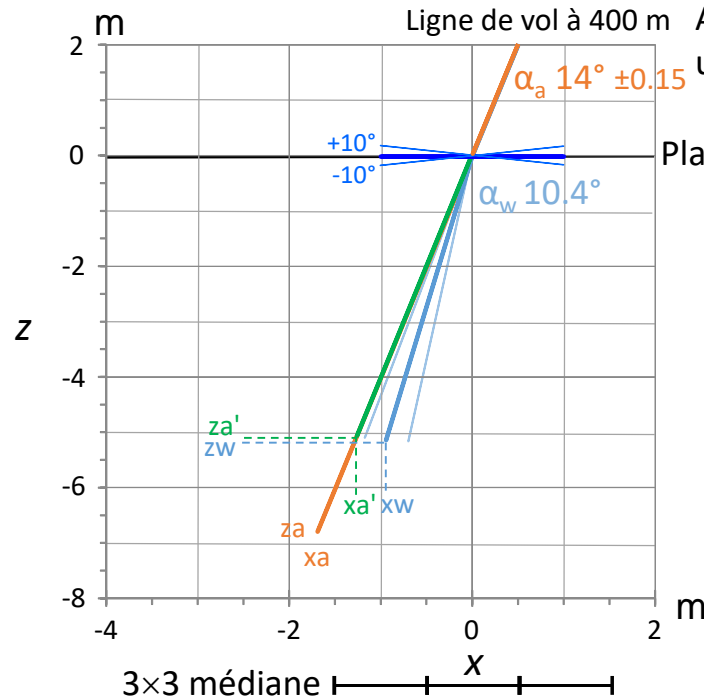
81 cm à 110 kt 204 km/h
88 cm à 120 kt 222 km/h
96 cm à 130 kt 241 km/h

Le cumul par pixel de 1m de côté donne accès à une variation d'intensité le long d'un vecteur d'orientation définie par l'angle d'incidence, de coordonnées X, Y et V ou R pour range ou télémétrie laser.

Correction bathymétrique des cubes d'images de formes d'ondes selon l'angle d'incidence de chaque faisceau laser cumulé par pixel de 1m²

Range air (Ra) surface de l'eau ± 10° waves

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



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°

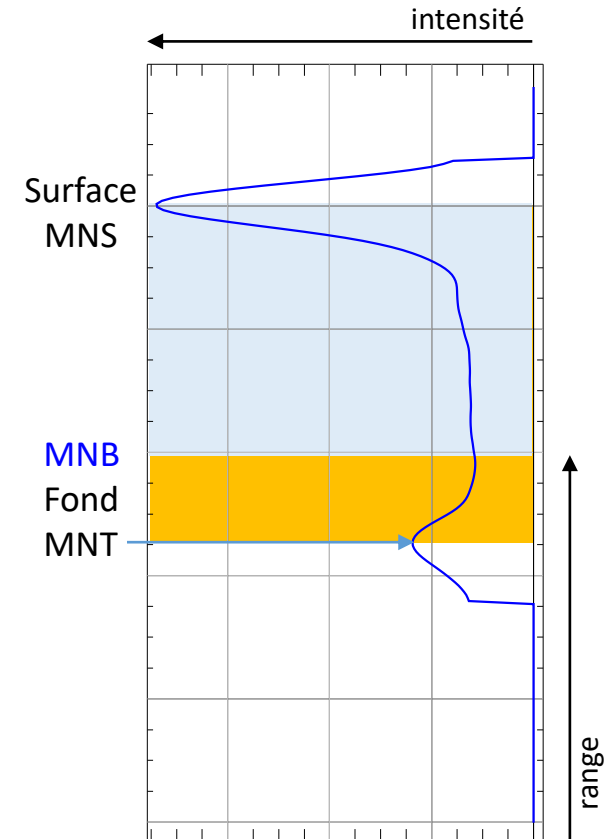
(xa',za') idem avec ralentissement en $1/n_w$

(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:

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

Le but de cette simplification est de garder la cohérence des plages d'enregistrement (Range) en évitant leur redistribution d'un pixel à l'autre.



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

- Correction applicable directement sur toute combinaison de MNT infrarouge et MNT vert si tous les angles d'incidences (attitude et balayage) ne dépassent pas 10-12°

Approche de type hyperspectrale par canaux télémétriques (ranges) continues tous les 15 ou 5 cm le long d'un ligne de tir à α degrés

Survey Areas

- ✓ Ailly (0:31:42 hh/mm/ss)
 - ✓ Titan DW
 - Number of lines: 6
 - Time online: (0:6:42 hh/mm/ss)
 - Speed: 130 kts
 - Altitude: 600 m AGL
 - PRF: 175kHz
 - Frequency 70 Hz
 - FoV: 20 °
 - Nadir pt. density: 9 p/m²
 - Edge pt. density: 4.4 p/m²
 - Average pt. density (avr.): 12.3 p/m²
 - Area coverage rate: 51 km²/hr
 - Area coverage rate (overlap subtracted): 36 km²/hr
 - Area 2.87km²
 - DEM Stats for area
 - Cross line#7

Latitude: 49.8560206518357
 Longitude: 0.893818504406827
 Altitude above terrain: 12.4 km
 Terrain Elevation: 48.7 m
 DEM resolution (m): 61
 EGM96 geoid offset: 45.1 m



Titan DW 600 de Teledyne Optech

Single Sensor Survey Settings

Survey Area: **Ailly**

Lidar - Titan DW Flightline optimization

Required point density (at nadir): 5 p/m² Auto-Calculate Sensor settings Lock flightlines

Sensor settings

Laser PRF: Set value 175 kHz Sidelap: 30 %

Field of view: Set value 20 ° Laser power: High

Frequency: Set value 70 Hz FoV cutoff: 0 °

Pulses in air: 1 Roll compensation

Point distribution (Single Sensor)

Cross track point spacing at nadir: 0.23 at angle: 0.24 m PSR 1:1

Down track point spacing at nadir: 0.48 at angle: 0.96 m

Point density at nadir: 9 p/m² Average point density: 12.3 p/m² Swath width on flat ground: 212 m

Pt.Distr.Angle Point density at angle: 4.36 Show point density violations based on: Calculated density Threshold: 90 %

Eye Safe AGL Unaided: 292 m

Aircraft

Altitude: 100 - 6000 Flying at: 600 m AGL

Speed: 19.44 - 194.38 Flying at: 130 kts

Line spacing: 148.11 m

Advanced settings

Height profile Scan pattern

Sensor limit to display (by wavelength)

1064 nm: 1444 m

532 nm: 1498 m

1498 m Sensor Limit

1257 m

830 m

600 m

292 m

Survey settings

Export Settings

Import Settings

Save Settings as defaults

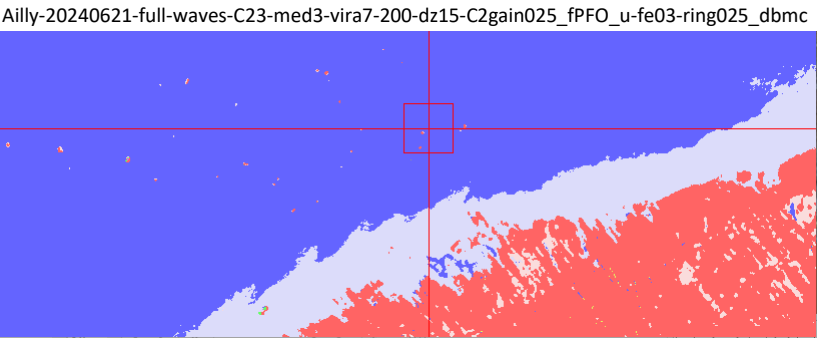
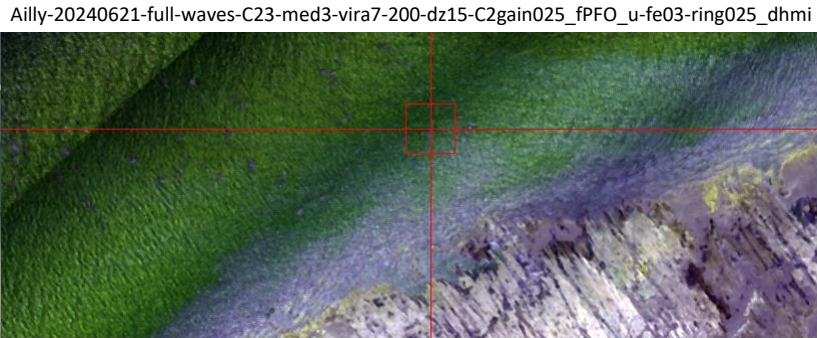
Apply

Apply to all selected objects

Close

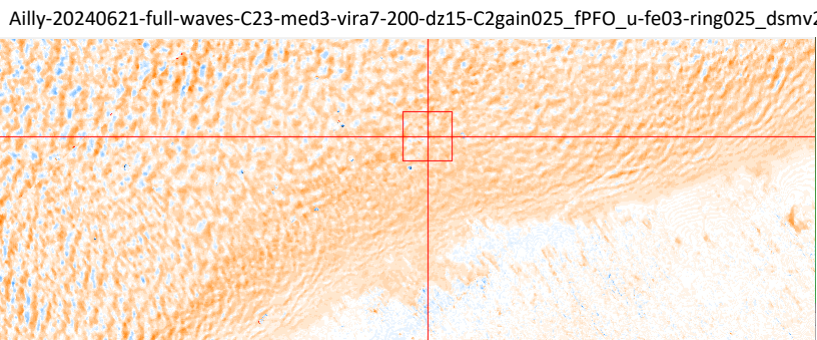
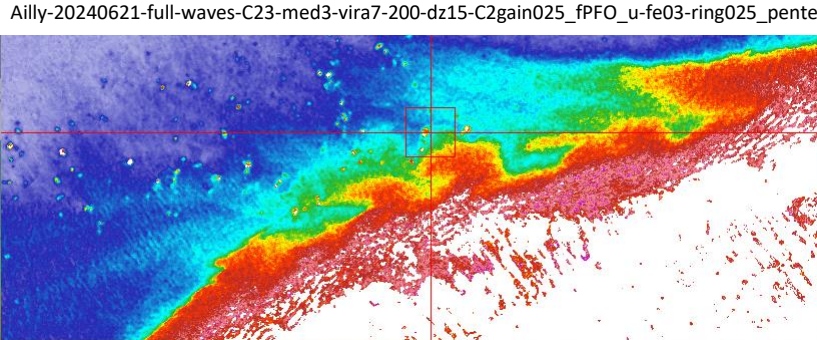


Intensité **maximum**,
moyenne forme d'onde
verte et infrarouge et
moyenne écho



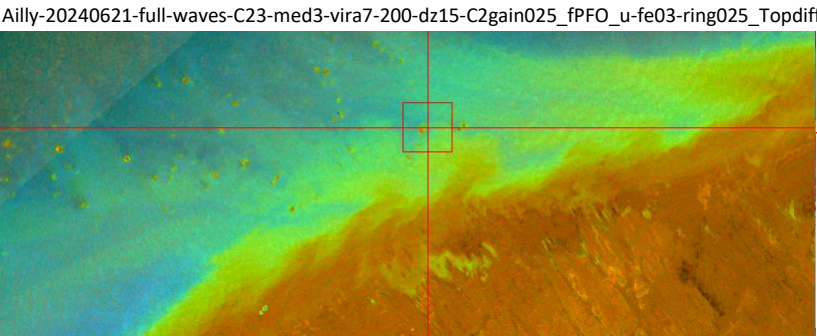
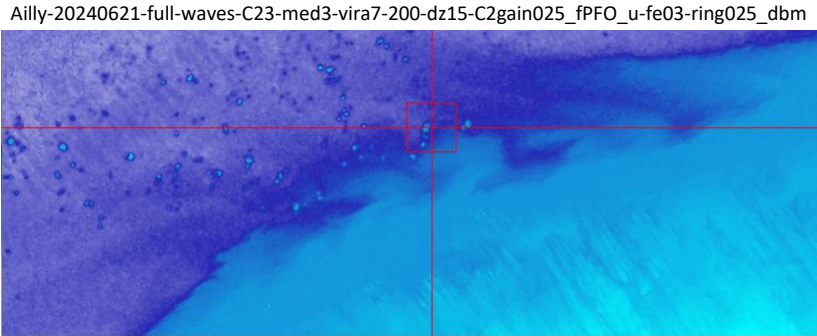
Classification simple
(eau très turbide et
biseau d'eau en gris)

Pente forme d'onde
verte et infrarouge sous
le 1^{er} pic (écho calculé)



Différence de hauteur
entre vert et infrarouge :
houle avec rotation des
vagues parallèlement au
rivage dans les zones
d'eau très peu profonde
en biseau

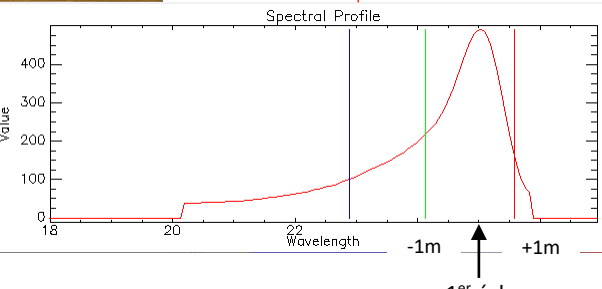
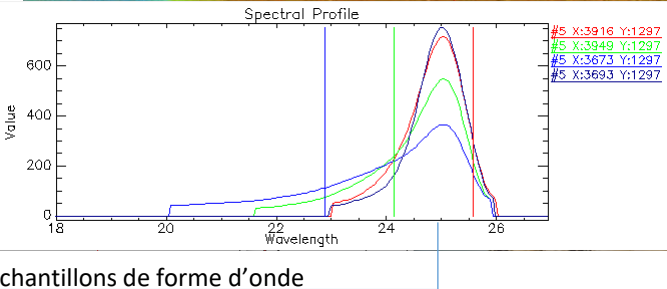
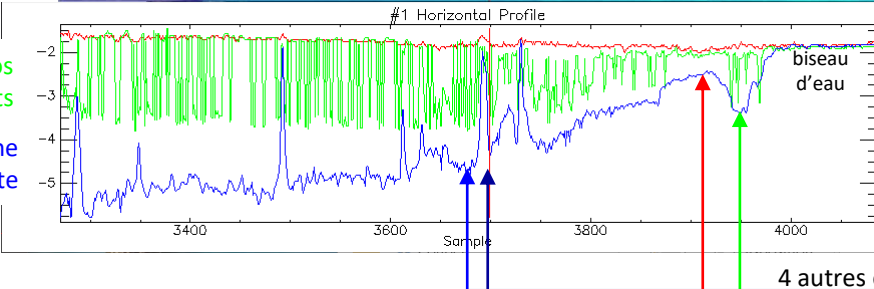
Modèle Numérique de
Bathymétrie (forme
d'onde verte et
infrarouge) donnée par
la limite d'atténuation
du signal



Forme d'onde verte et
infrarouge combinée et
centrée sur le 1^{er} pic
(écho calculé)

À l'est du bloc

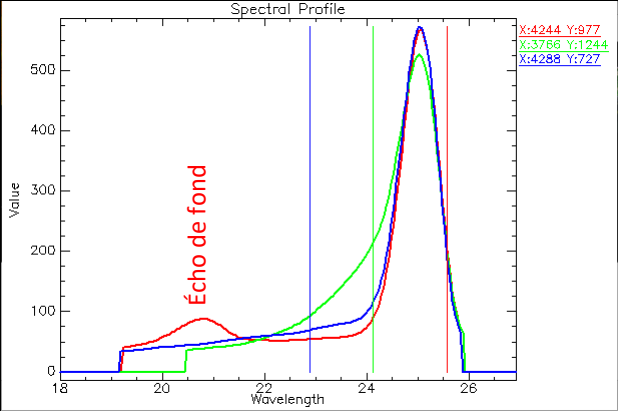
Limite de pénétration des échos
discrets verts
Limite de pénétration de la forme
d'onde verte



Dune de fond ou
interface de turbidité ?

1^{er} écho

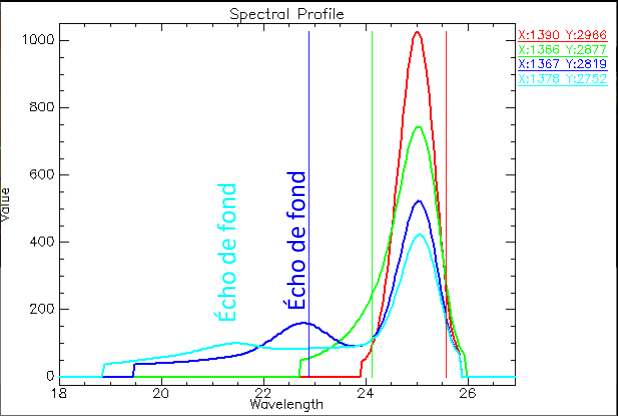
20240621 forme d'onde verte et infrarouge centrée sur le 1^{er} pic (écho calculé)
Ailly-20240621-full-waves-C23-med3-vira7-200-dz15-C2gain025_fPFO_u-fe03-ring025_Topdiff.hdr
Ailly-20240621-full-waves-C23-med3-vira7-200-dz15-C2gain025_fPFO_u-fe03-ring025_Topdiff

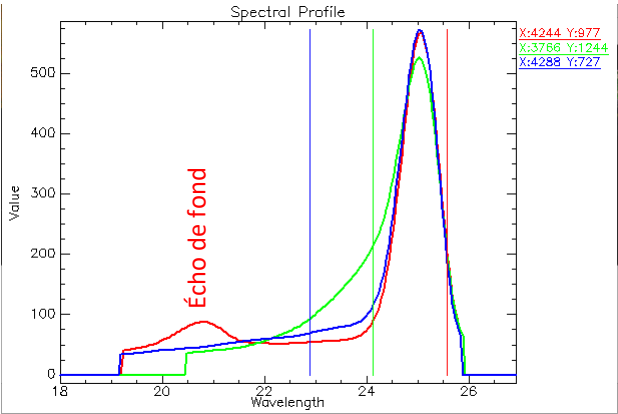


Turbidité 2

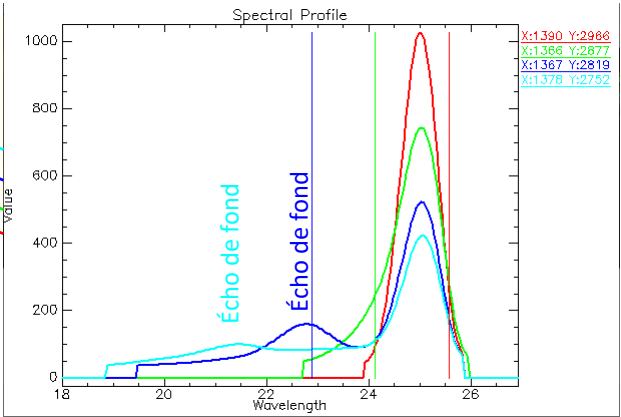
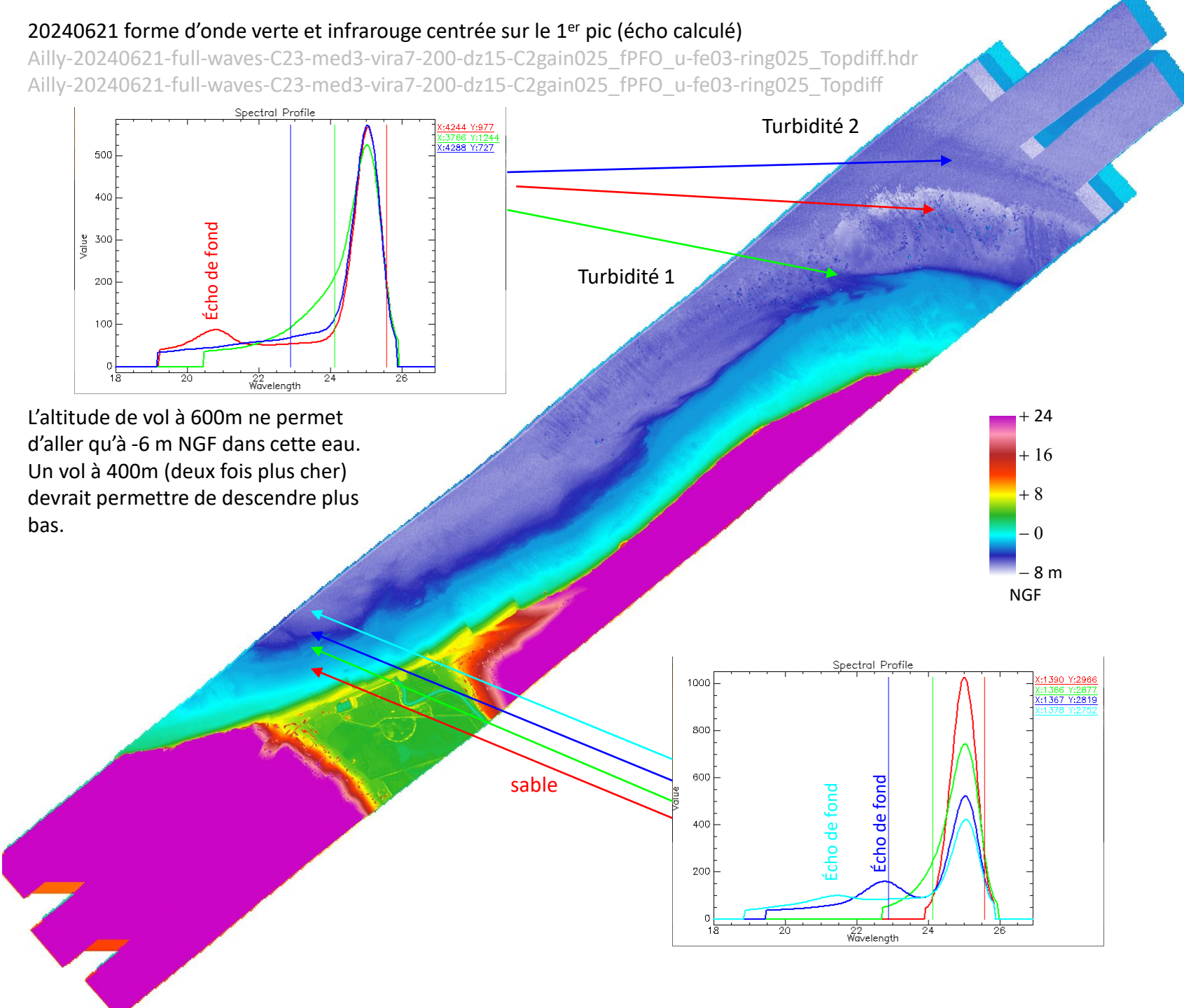
Turbidité 1

Pointe d'Ailly
Altitude de vol : 600m





L'altitude de vol à 600m ne permet d'aller qu'à -6 m NGF dans cette eau. Un vol à 400m (deux fois plus cher) devrait permettre de descendre plus bas.



20240621 intensité **maximum** **moyenne** forme d'onde verte et infrarouge et **moyenne** écho discret vert
Ailly-20240621-full-waves-C23-med3-vira7-200-dz15-C2gain025_fPFO_u-fe03-ring025_dhmi.hdr
Ailly-20240621-full-waves-C23-med3-vira7-200-dz15-C2gain025_fPFO_u-fe03-ring025_dhmi

Les pixels très brillants de l'estran font apparaître un rebond (ringing effect) sur le signal C2 (en magenta) mais pas sur le signal C3 (en vert) tous deux représentés avec une altitude zéro à 15m pour que les logiciels de traitement du signal hyperspectral puissent prendre en compte une altitude jusqu'à -15m. On peut ainsi recourir à toutes les fonctions de traitement du signal en remplaçant les longueurs d'onde par une altimétrie ou range. La combinaison de C2 et C3 est ainsi corrigée de cet effet de rebond du signal et alignées sur le repère géographique (en blanc)

