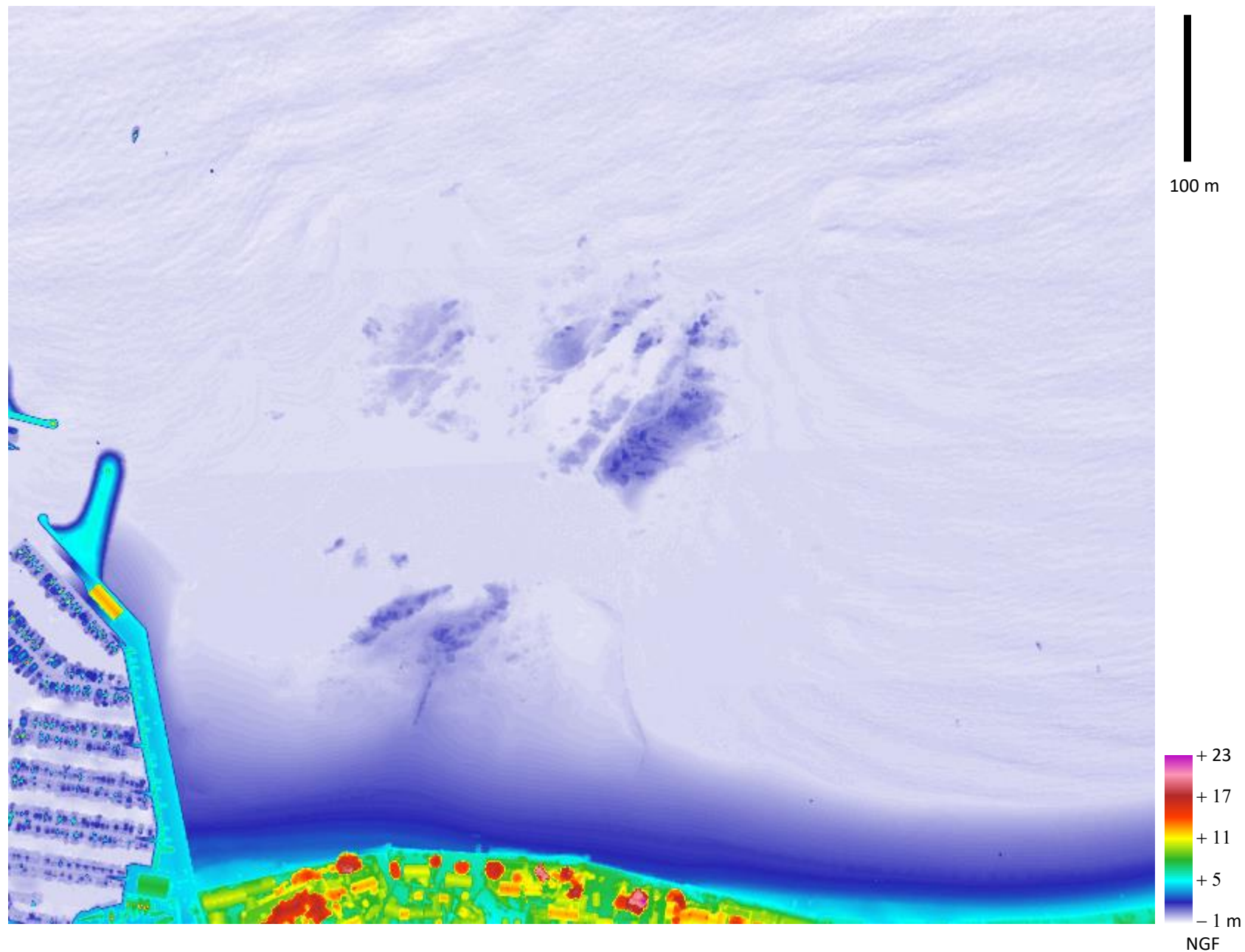


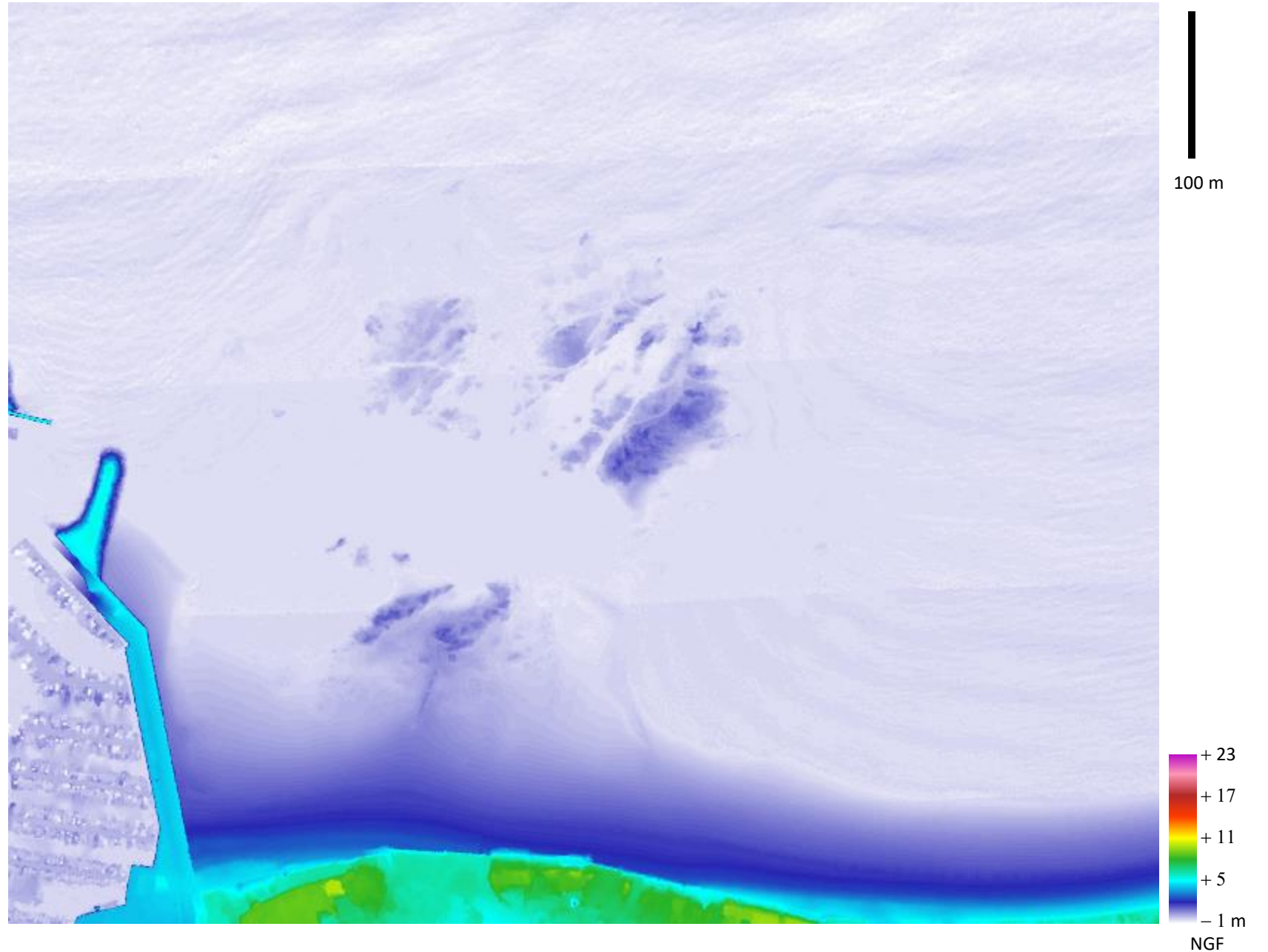
E-Herbaudiere-20200729-30-MNS-infrarouge

Modèle Numérique de Surface (MNS) ou
enveloppe supérieure des échos discrets du
laser infrarouge.



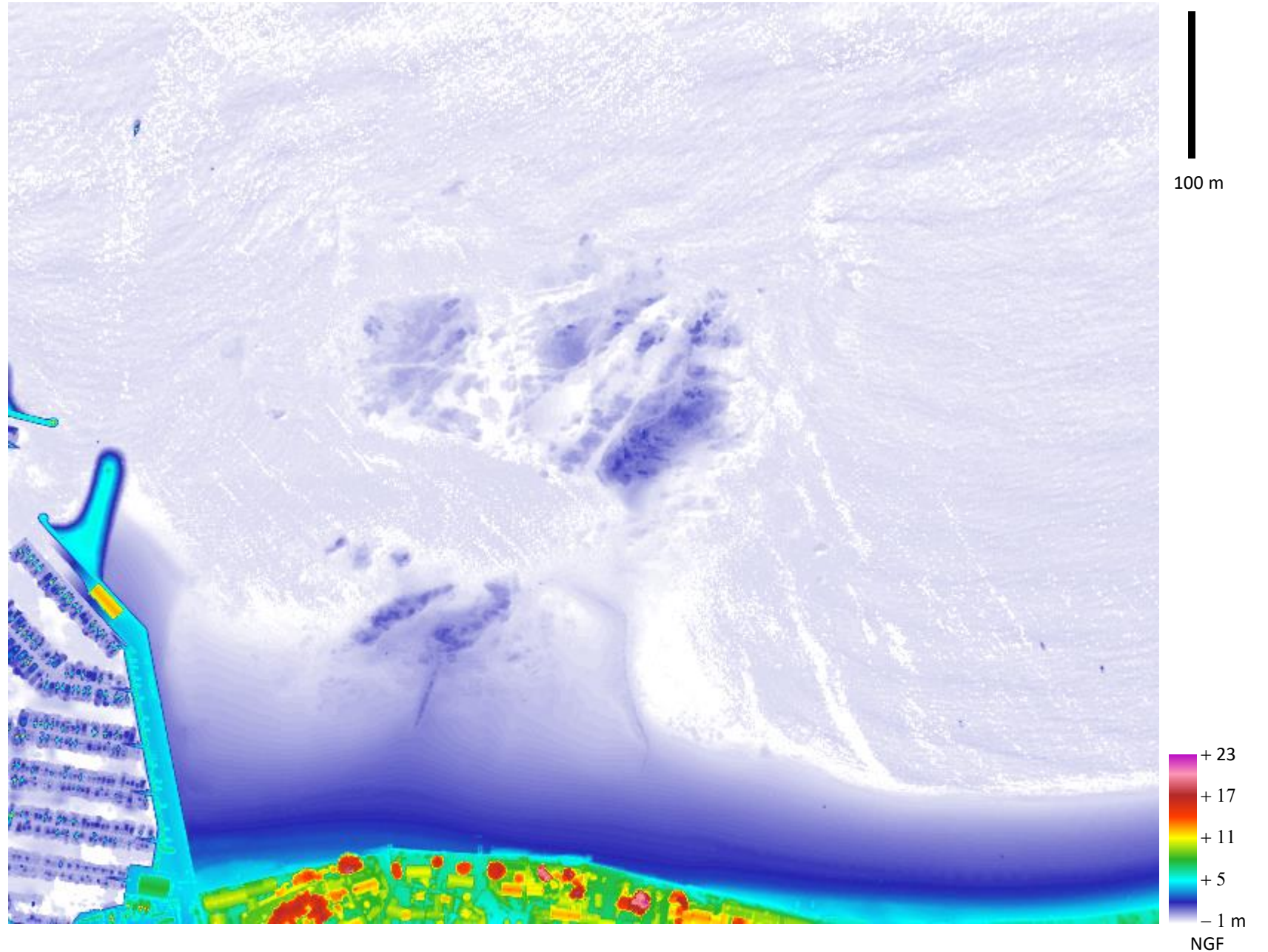
E-Herbaudiere-20200729-30-MNT-infrarouge

Modèle Numérique de Terrain (MNT) ou enveloppe inférieure des échos discrets du laser infrarouge complétée par l'interpolation du sol sous un sursol obtenu par la classification de nuages de points formant des parois planes en bâtiments et des nuages de points formant des volumes de branches et feuillage en arbres.



E-Herbaudiere-20200729-30-MNS-vert

Modèle Numérique de Surface (MNS) ou
enveloppe supérieure des échos discrets du
laser vert

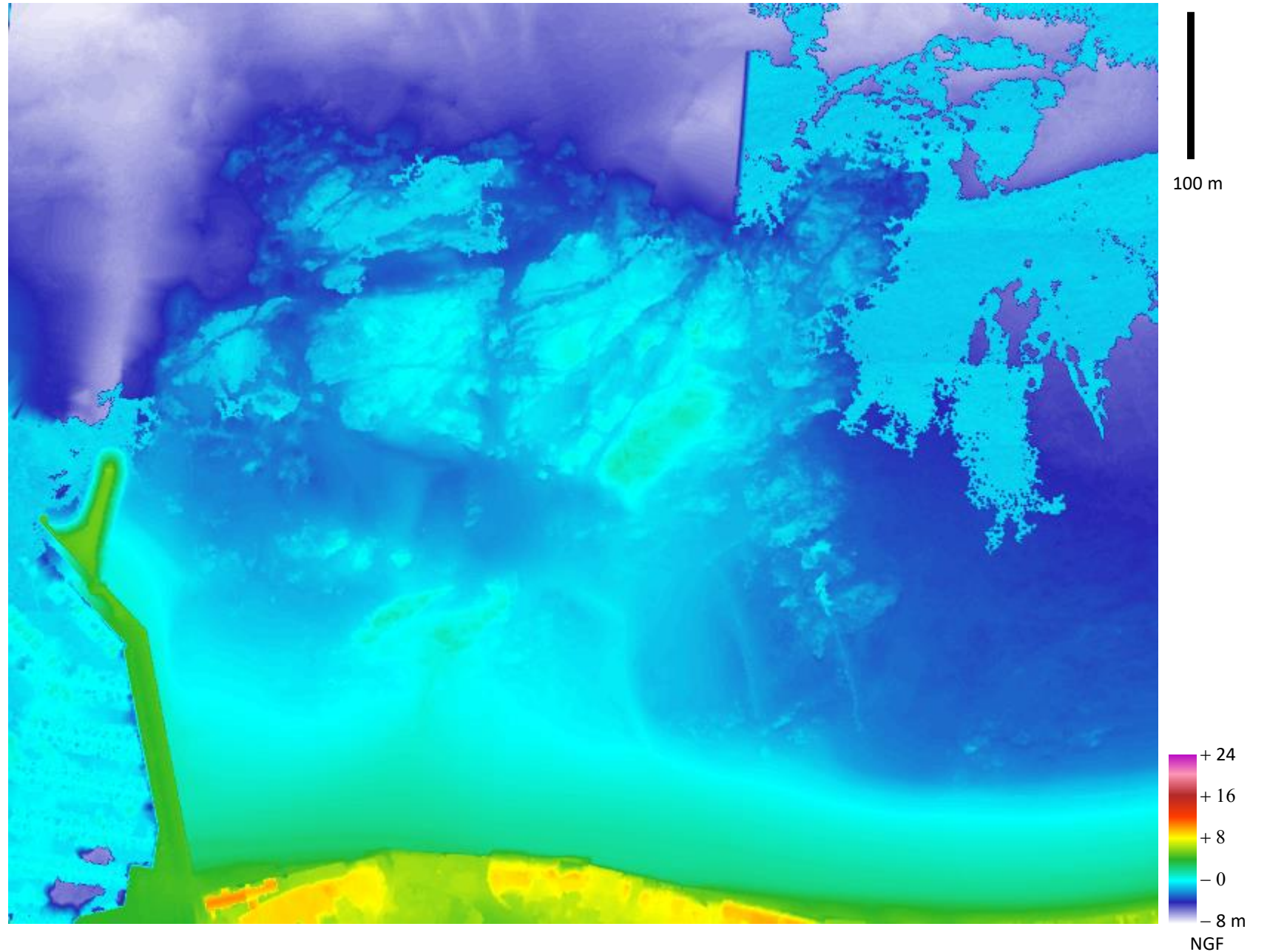


E-Herbaudiere-20200729-30-MNT-vert

Modèle Numérique de Terrain (MNT) ou enveloppe inférieure des échos discrets du laser vert complétée par l'interpolation du sol sous un sursol obtenu par la classification de nuages de points formant des parois planes en bâtiments et des nuages de points formant des volumes de branches et feuillage en arbres.

Le laser vert pénétrant dans l'eau le fond de l'eau est interpolé sous les bateaux.

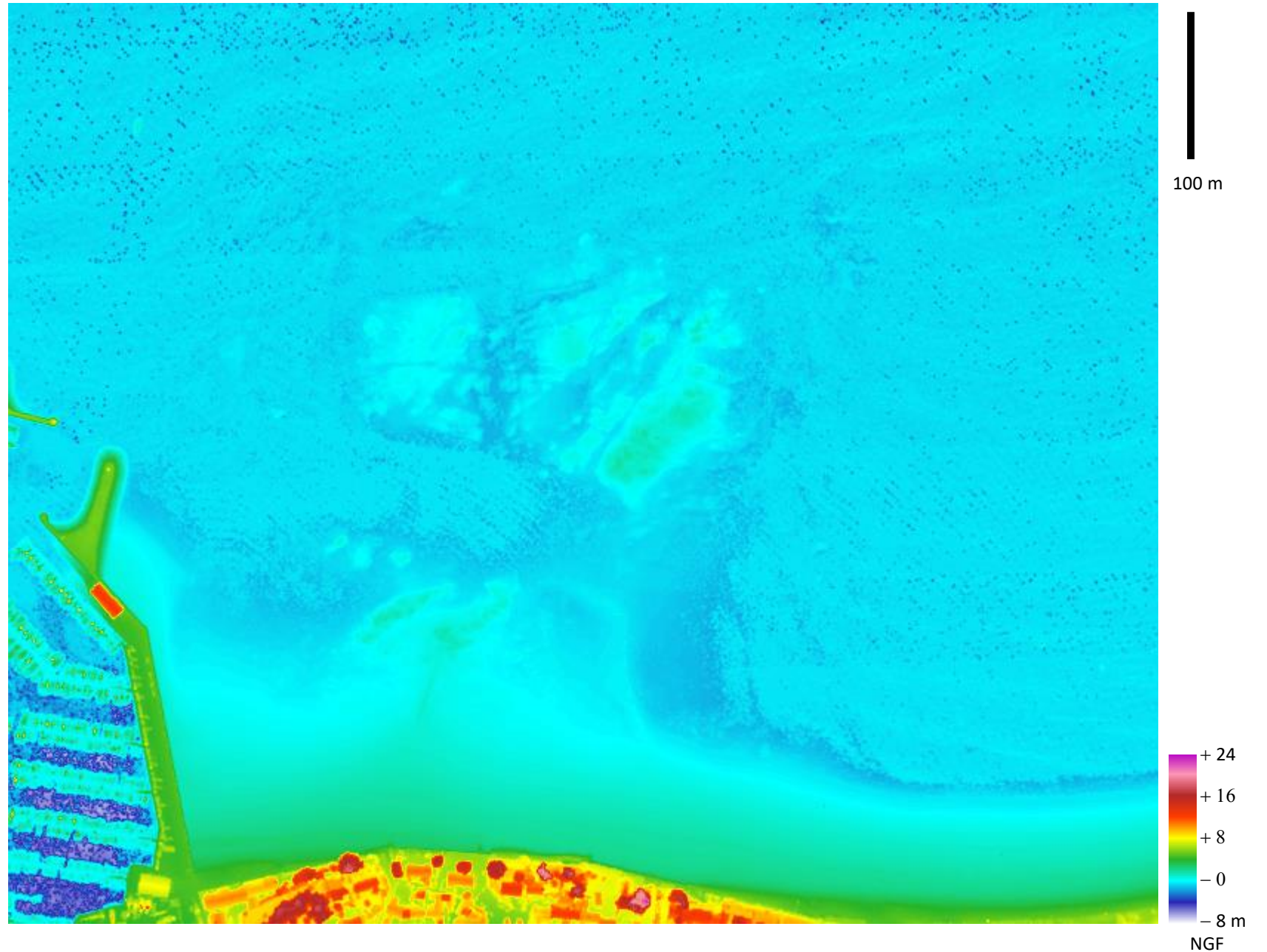
MNT brut non corrigé de la bathymétrie



E-Herbaudiere-20200729-30-MNS-vert-efo

Modèle Numérique de Surface (MNS) ou
enveloppe supérieure des échos du laser vert
produits par enregistrement de la forme
d'onde complète de chaque écho.

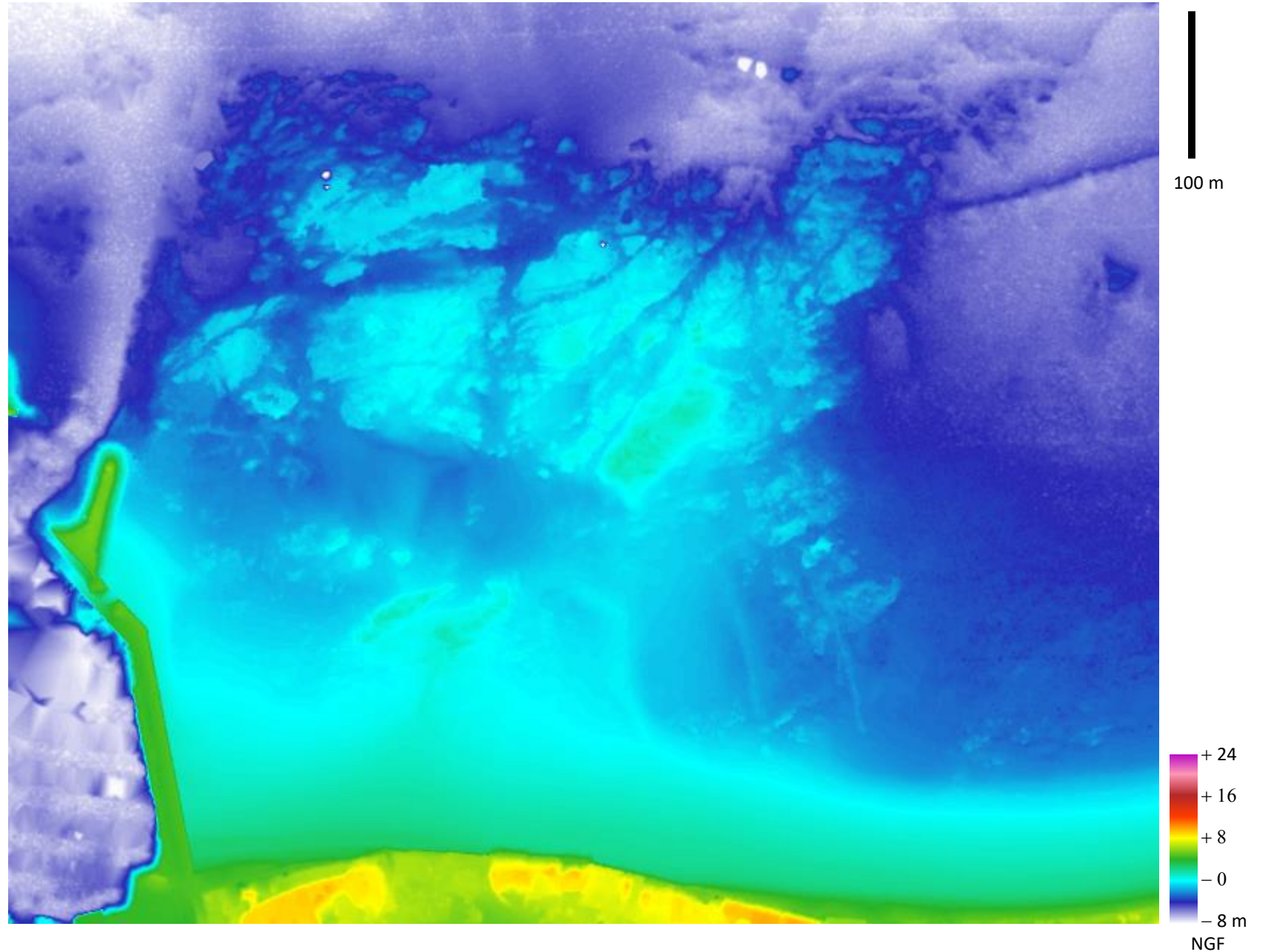
MNS brut non corrigé de la bathymétrie



E-Herbaudière-20200729-30-MNT-vert-efo

Modèle Numérique de Terrain (MNT) ou
enveloppe inférieure des échos du laser vert
produits par enregistrement de la forme
d'onde complète de chaque écho.
Le seuil de détection choisi très bas pour
pénétrer l'eau malgré sa turbidité fait
apparaître des défauts à terre.

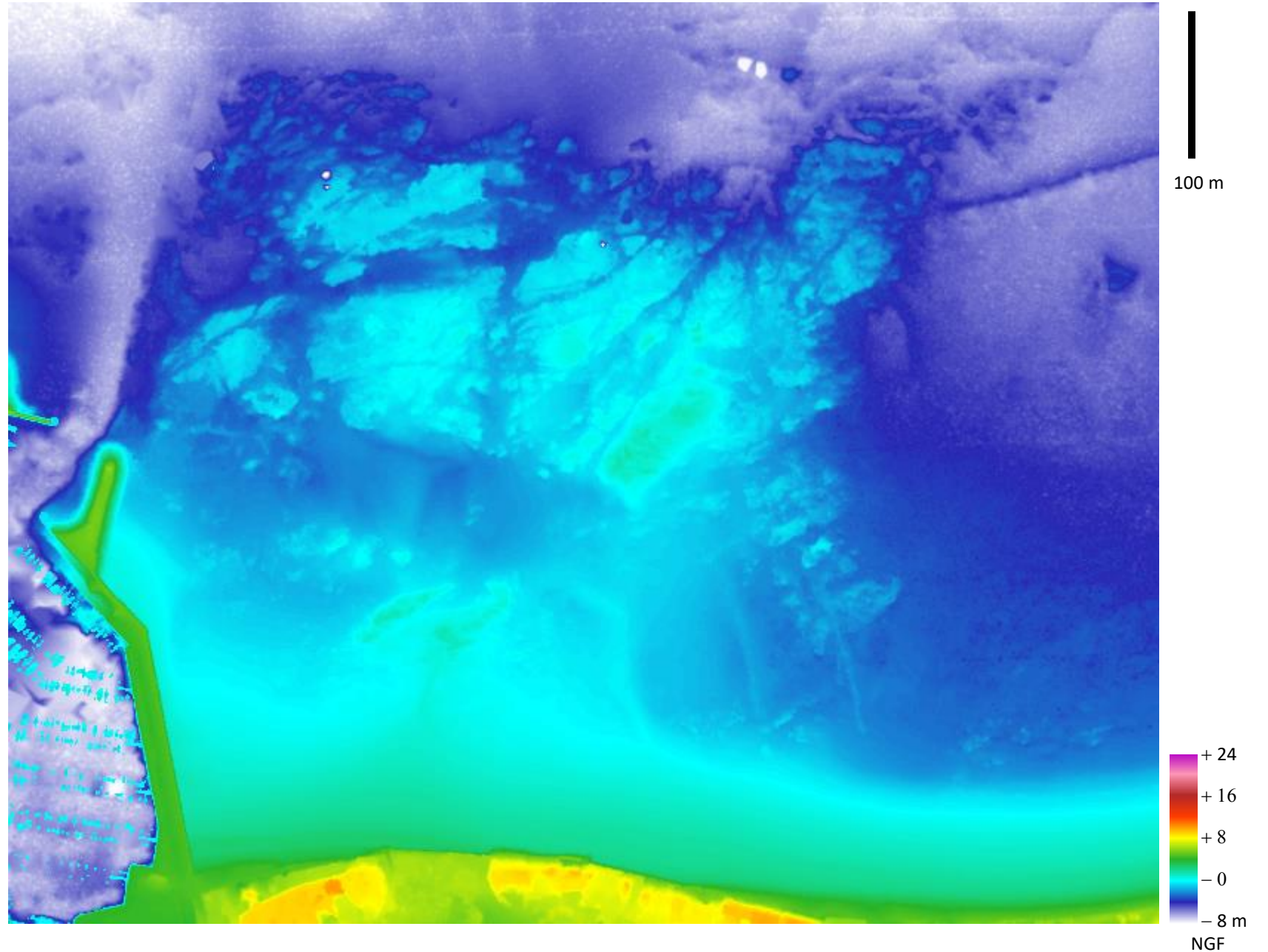
MNT brut non corrigé de la bathymétrie



E-Herbaudière-20200729-30-MNT-vert-efo-corrige

Modèle Numérique de Terrain (MNT) ou
enveloppe inférieure des échos du laser vert
produits par enregistrement de la forme
d'onde complète de chaque écho.
Avec correction des défauts terrestres.
Mais avec réapparition des bateaux à la
surface de l'eau.

MNT brut non corrigé de la bathymétrie

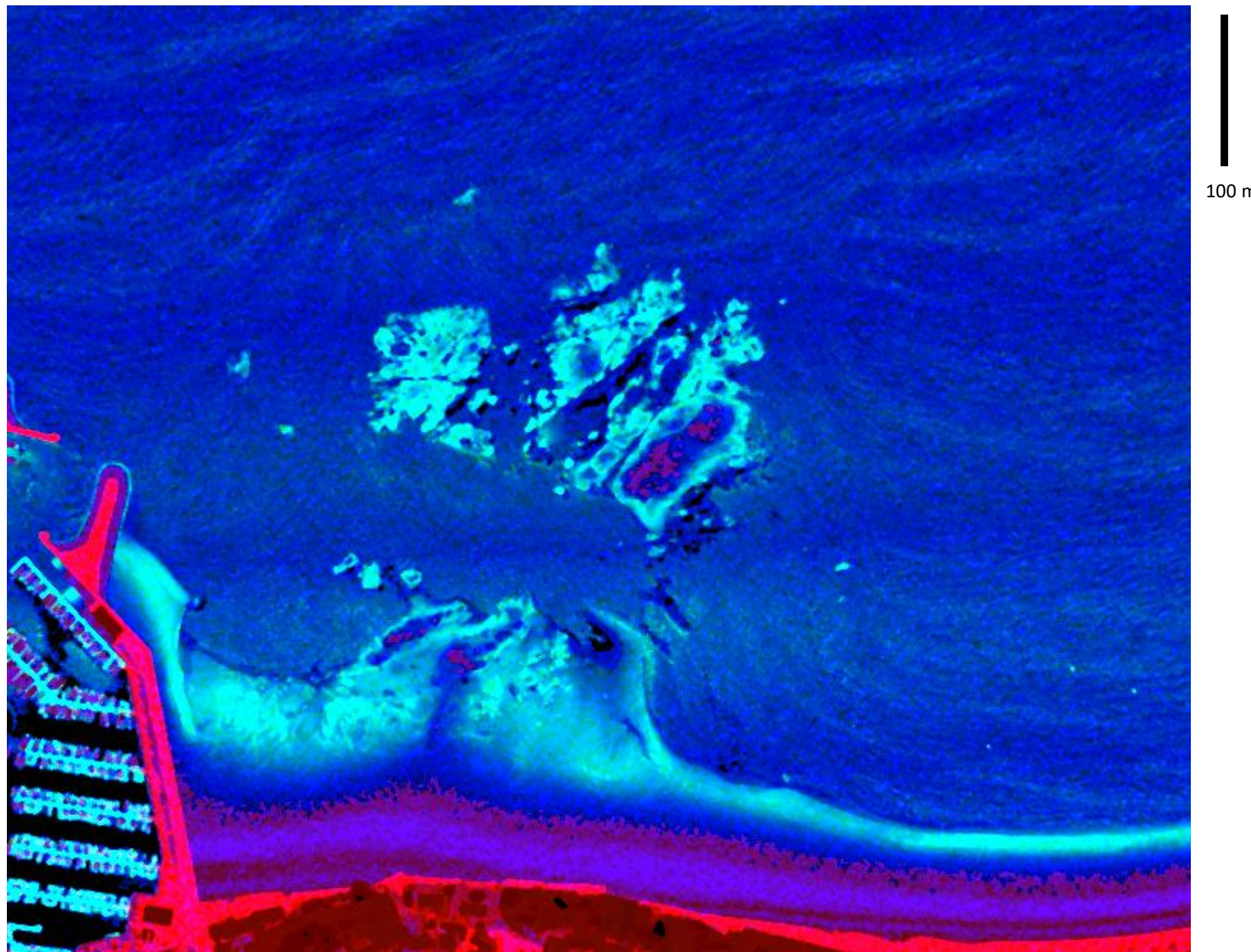
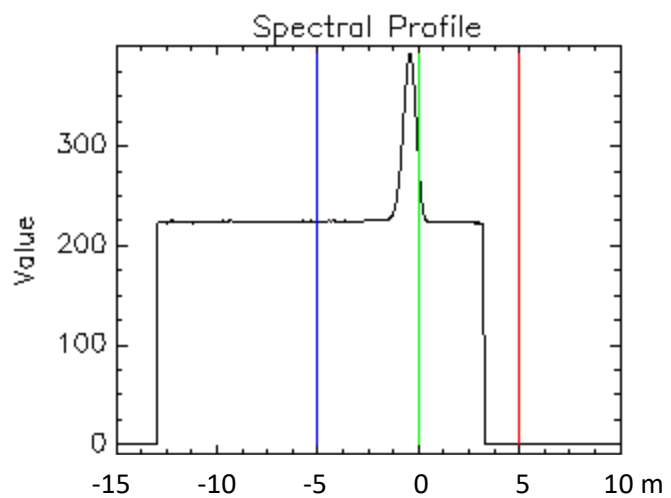


E-Herbaudière-20200729-30-FOC-infrarouge

Forme d'Onde Complète (FOC) ou (FWF) de laser infrarouge enregistrée sur une ligne de base à 220 entre -15 m et +10 m selon le repère NGF de l'IGN.

Composition colorée des altitudes, bleu -5 m, vert 0 m et rouge +5 m.

FOC brute non corrigée de la bathymétrie



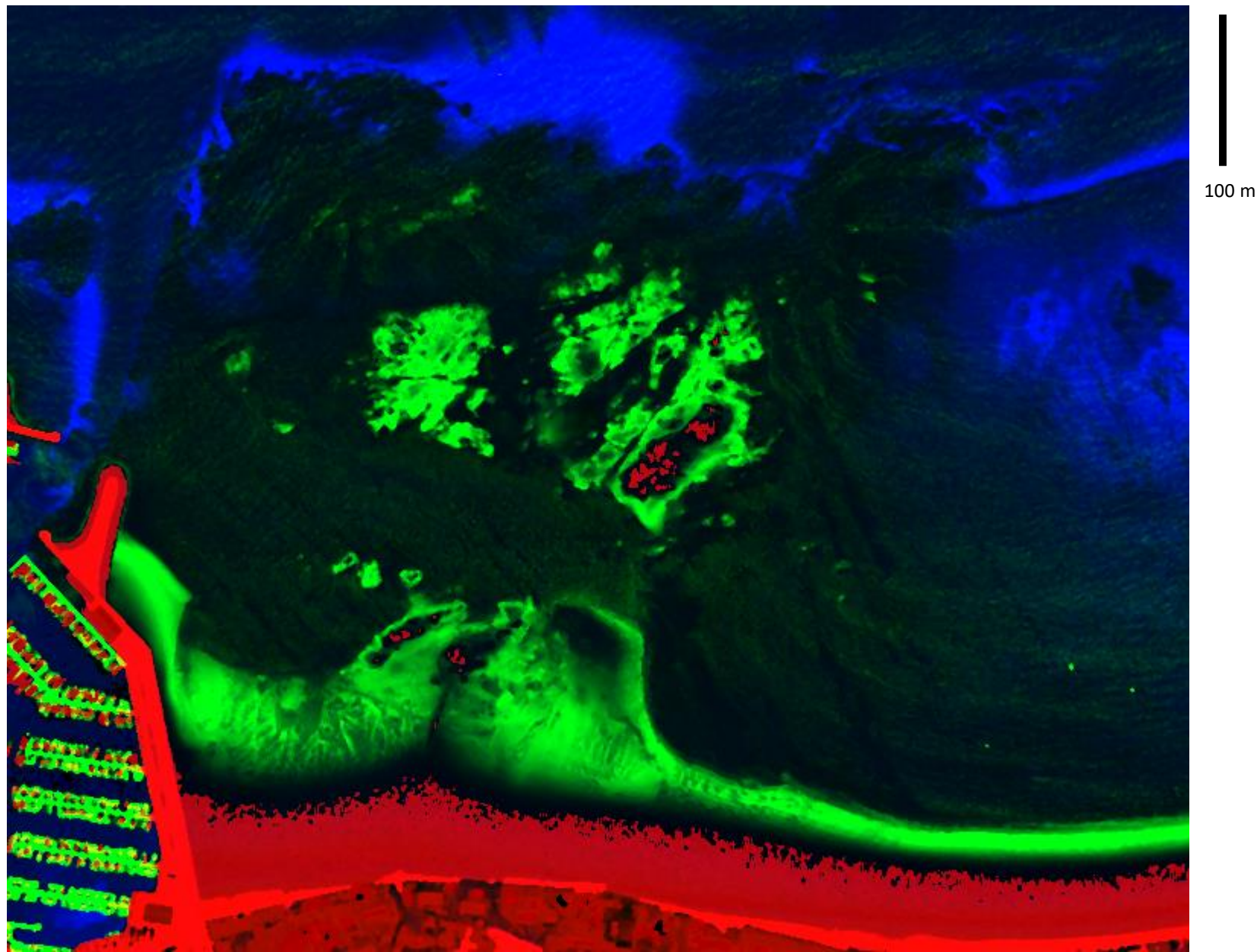
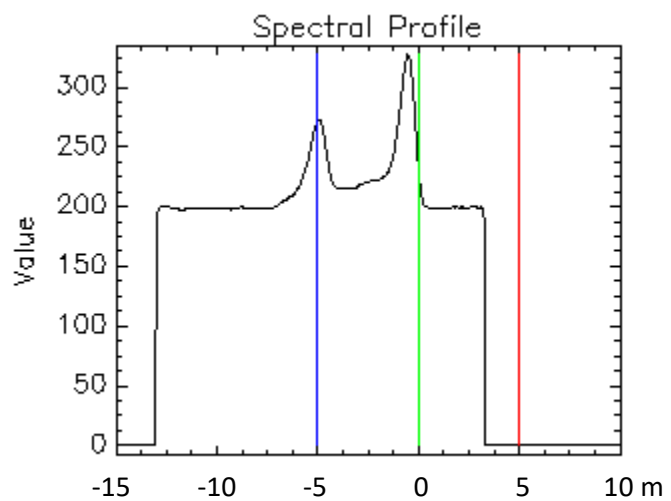
Ligne de base 220

E-Herbaudière-20200729-30-FOC-vert

Forme d'Onde Complète (FOC) ou (FWF) de laser vert enregistrée sur une ligne de base à 196 entre -15 m et +10 m selon le repère NGF de l'IGN.

Composition colorée des altitudes, bleu -5 m, vert 0 m et rouge +5 m.

FOC brute non corrigée de la bathymétrie



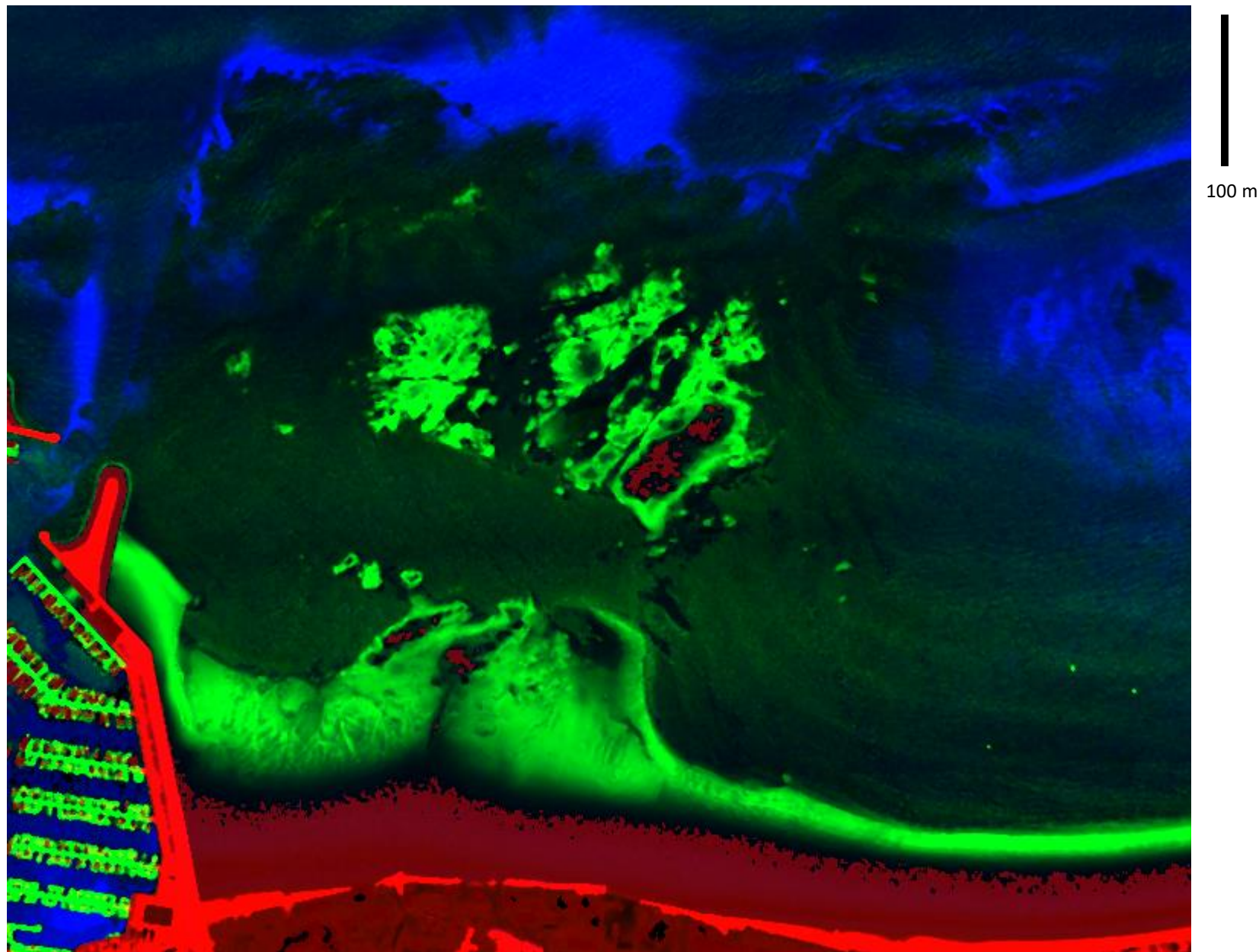
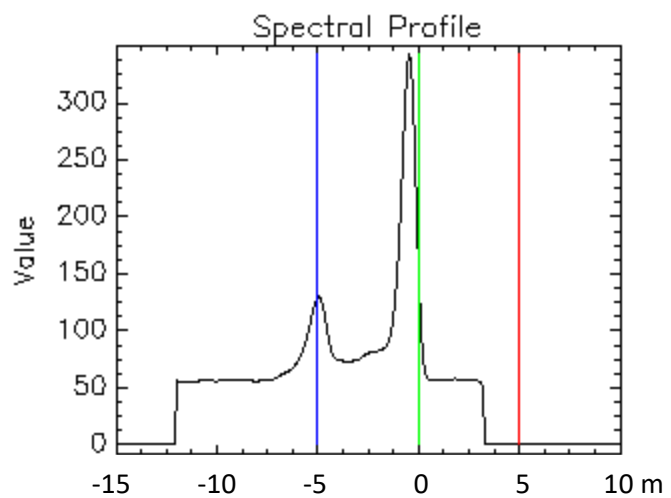
Ligne de base 196

X 2175 y 586

E-Herbaudière-20200729-30-FOC-vert-infrarouge

Forme d'Onde Complète (FOC) ou (FWF) combinée du laser vert et du laser infrarouge sur un ligne de base à 50 enregistrée entre -15 m et +10 m selon le repère NGF de l'IGN. Composition colorée des altitudes, bleu -5 m, vert 0 m et rouge +5 m.

FOC brute non corrigée de la bathymétrie



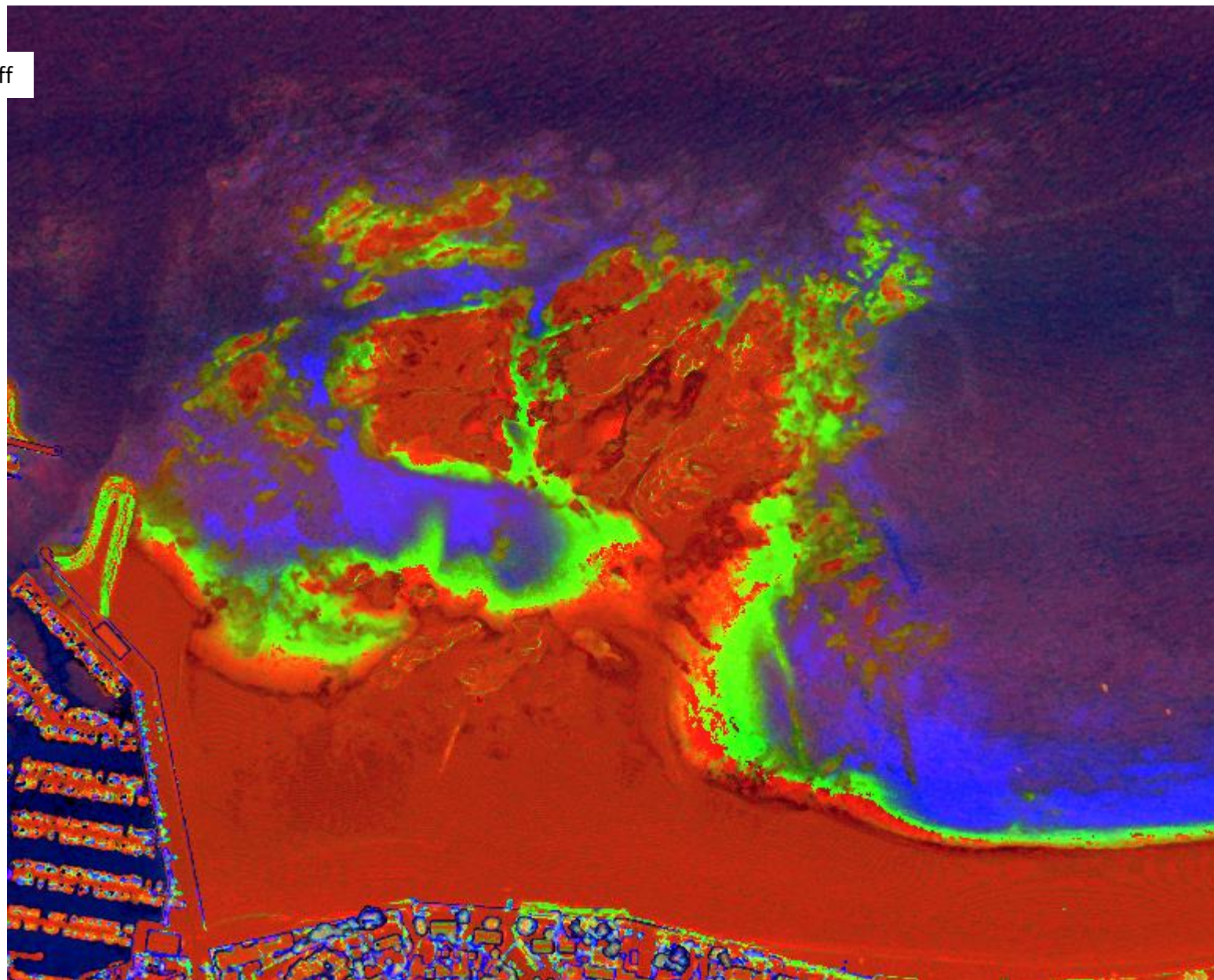
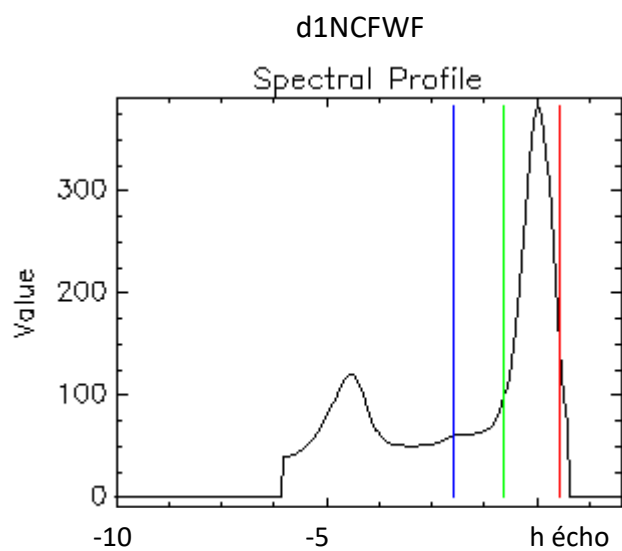
Ligne de base 50

E-Herbaudière-20200729-30-FOC-vert-infrarouge-Topdiff

Forme d'Onde Complète (FOC) ou (FWF)
normée et centrée sur le 1^{er} écho de la forme
d'onde de hauteur h .

Composition colorée :
Canal R à $h + 0,50$ m
Canal V à $h - 0,75$ m
Canal B à $h - 2,00$ m

FOC brute non corrigée de la bathymétrie



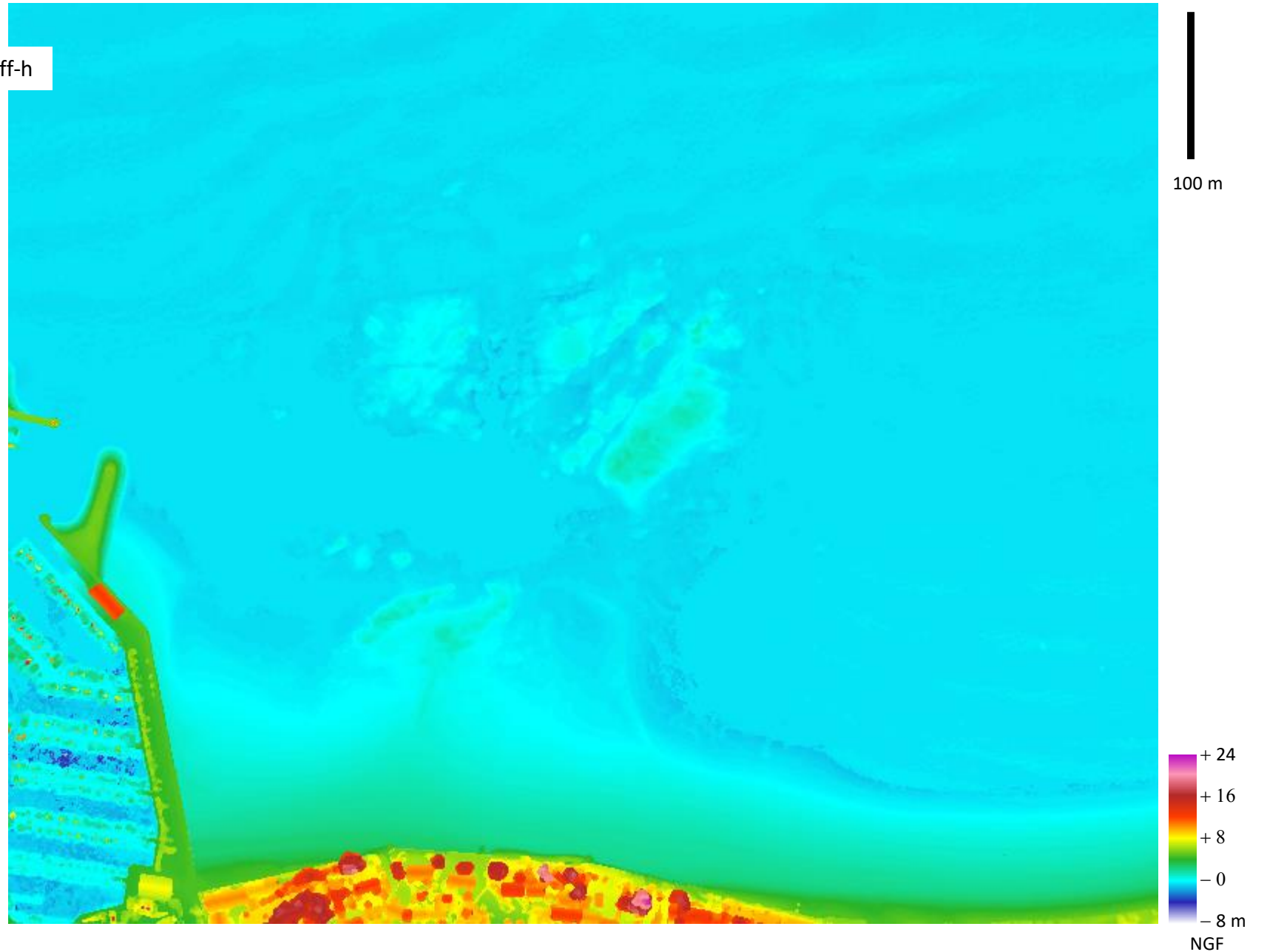
100 m

E-Herbaudière-20200729-30-FOC-vert-infrarouge-Topdiff-h

Forme d'Onde Complète (FOC) ou (FWF)
normée et centrée sur le 1^{er} écho de la forme
d'onde de hauteur h.

Visualisation de la hauteur h.

MNS brut non corrigé de la bathymétrie



E-Herbaudière-20200729-30-FOC-vert-infrarouge-vue-stats

Composition colorée de statistiques des combinaisons de formes d'ondes et des échos discrets permettant de visualiser la composition des surfaces.

- Maximum FOC vert infrarouge
- Moyenne FOC vert infrarouge
- Moyenne discret vert



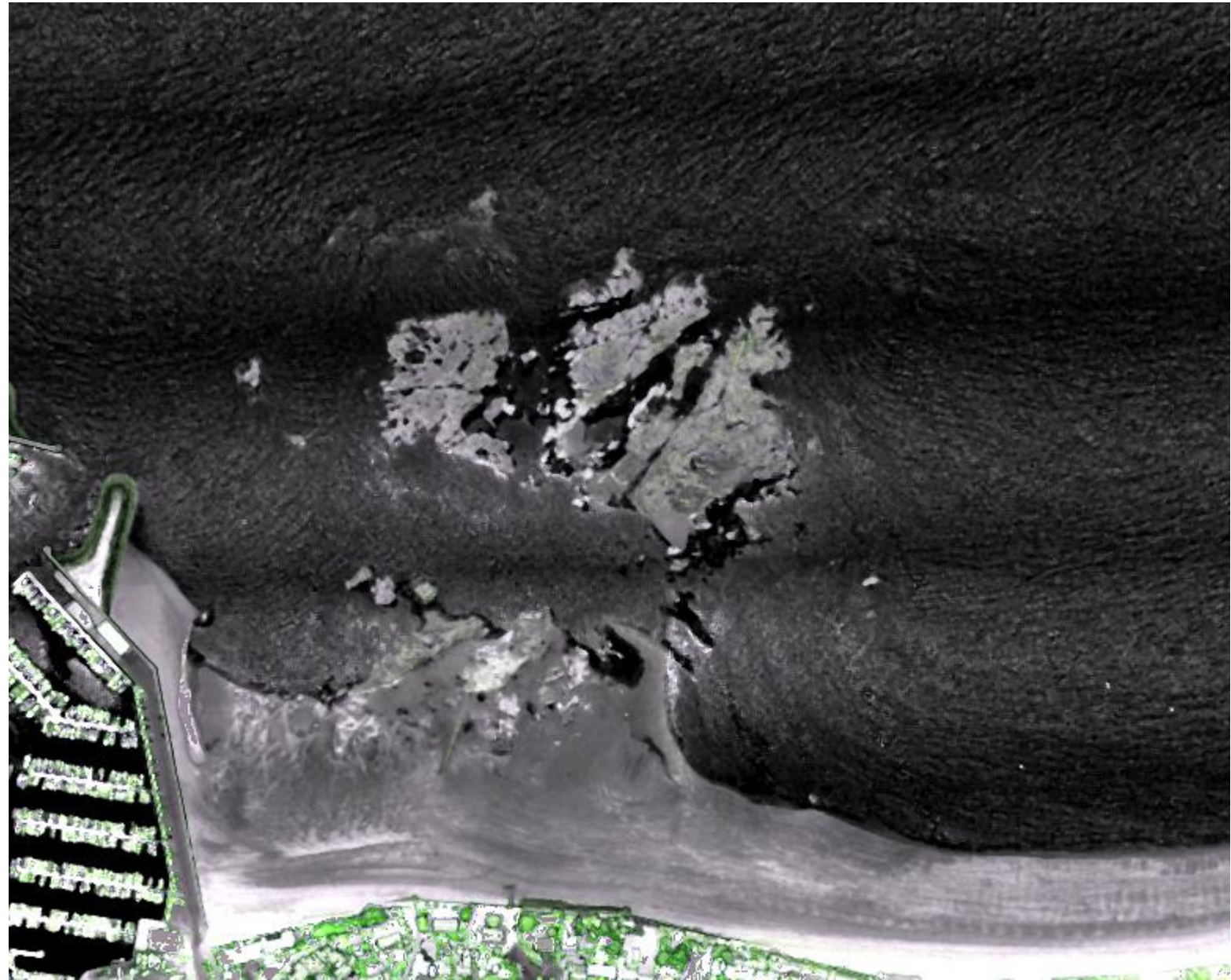
100 m

E-Herbaudière-20200729-30-FOC-infrarouge-stats

Composition colorée de statistiques des combinaisons de formes d'ondes de l'infrarouge.

Les volumes de diffusion apparaissent en vert et les algues brunes plaquées au sol sont blanches.

- Maximum FOC infrarouge
- Moyenne FOC infrarouge
- Écart-type FOC infrarouge



100 m

E-Herbaudière-20200729-30-FOC-vert-stats

Composition colorée de statistiques des combinaisons de formes d'ondes du vert.

Les volumes de diffusion apparaissent en vert et les algues brunes plaquées au sol sont noires.

- Maximum FOC vert
- Moyenne FOC vert
- Écart-type FOC vert



100 m

E-Herbaudière-20200729-30-FOC-vert-infraouge-stats

Composition colorée de statistiques des combinaisons de formes d'ondes combinées du vert et de l'infrarouge.

Les volumes de diffusion apparaissent en vert et les algues brunes plaquées au sol sont grises.

- Maximum FOC vert infrarouge
- Moyenne FOC vert infrarouge
- Écart-type FOC vert infrarouge



100 m

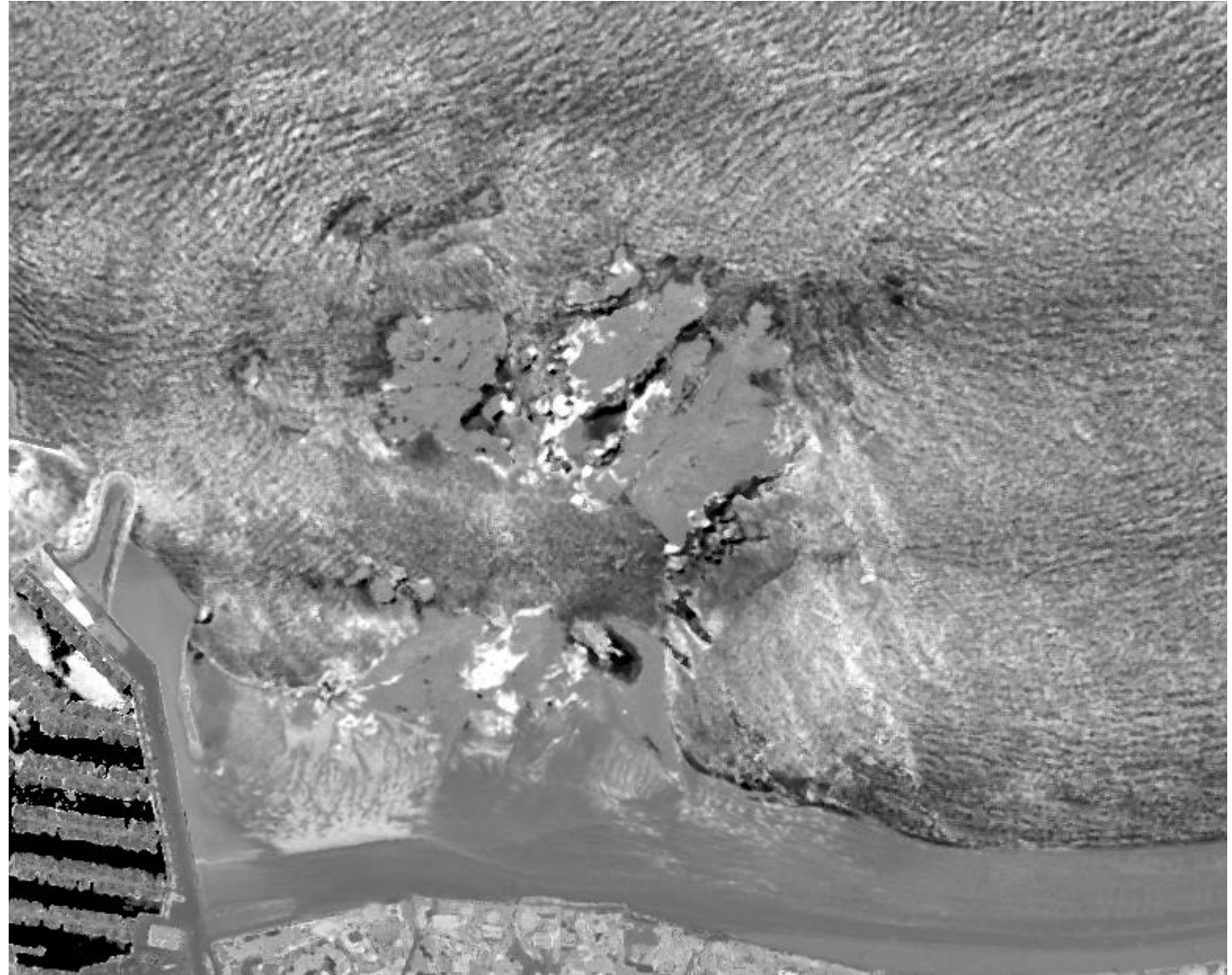
E-Herbaudière-20231004-FOC-NDVI

Normalized Different Vegetation Index (NDVI) indice de végétation calculé à partir des sommes d'intensités de formes d'ondes du vert V et de l'infrarouge IR selon la formule du « green NDVI » suivante: $(IR - V)/(IR + V)$.

Les algues hors de l'eau présentent un saut d'intensité très fort alors que les algues immergées (avec absorption de l'infrarouge par l'eau) apparaissent très sombre.

La réponse des algues plaquées au sols est plus forte de celle de la végétation terrestre à diffusion en volume du feuillage.

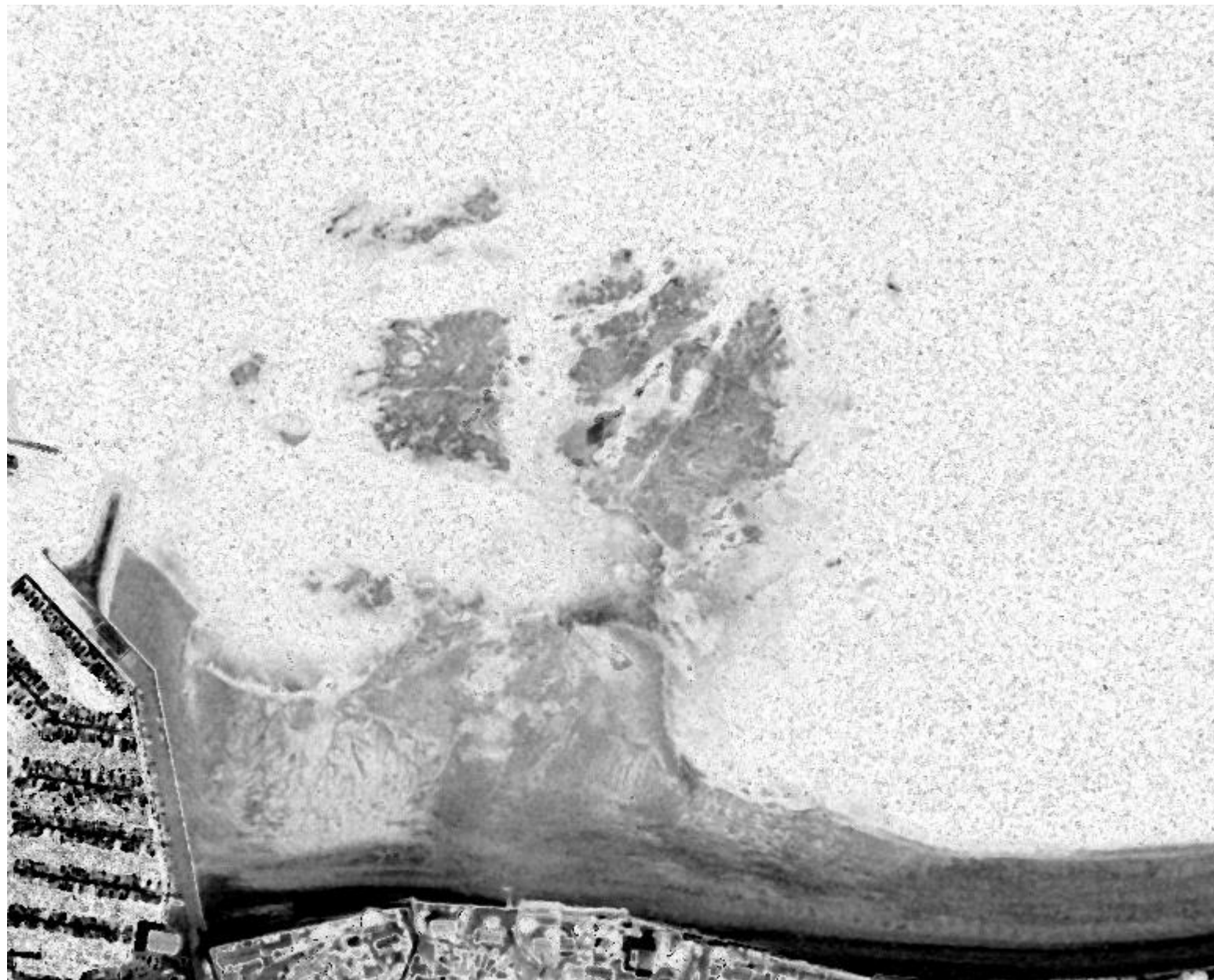
- NDVI



E-Herbaudière-20200729-30-FOC-vert-minimum

Minimum de la forme d'onde du laser vert montrant que les échos très puissants formés sur le sable sec font apparaître des rebonds sous la ligne de base qu'il ne faut pas prendre pour des échos. A l'inverse cette anomalie de signal est permet de bien détecter la limite entre sable sec et sable mouillé.

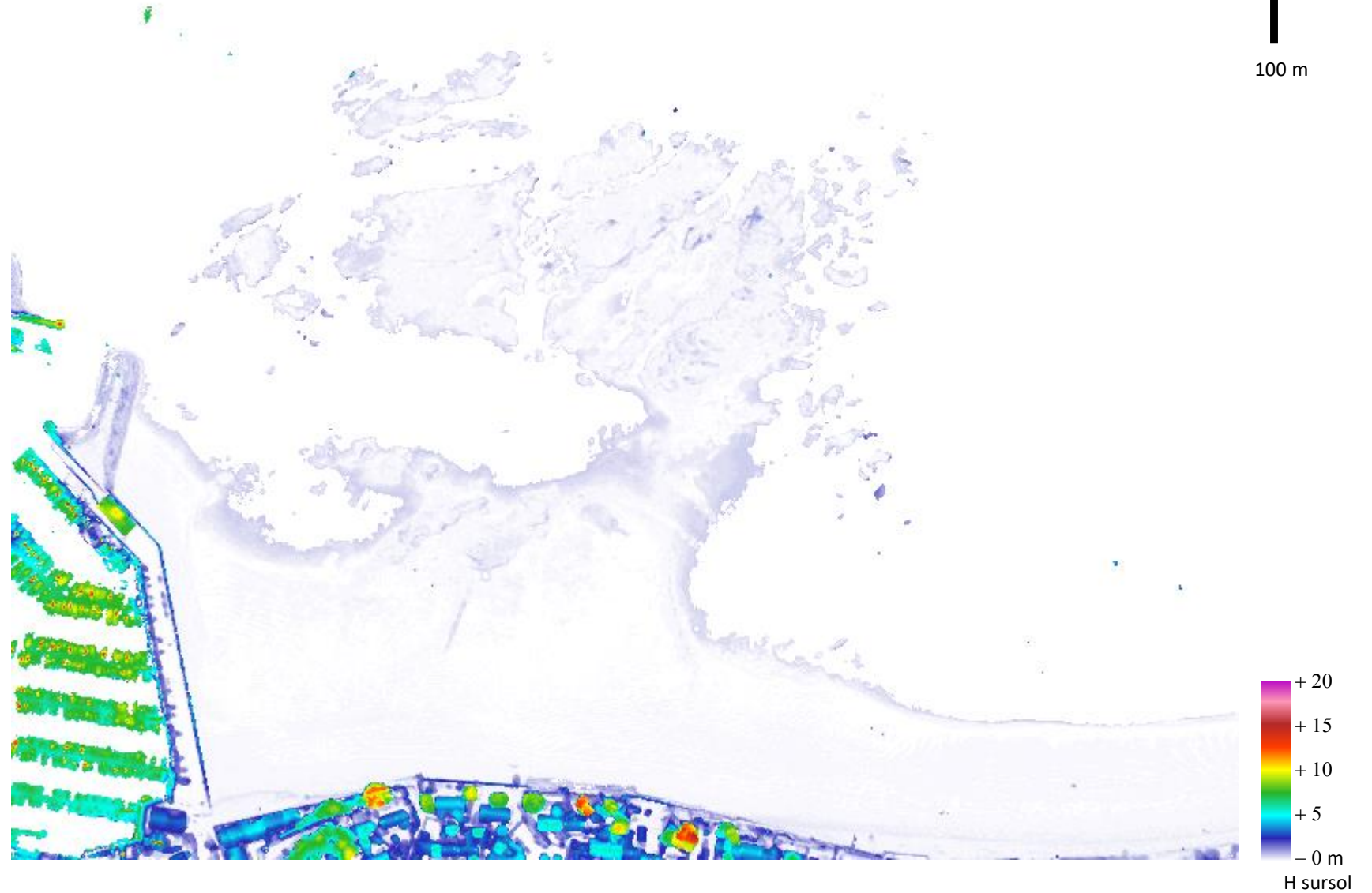
- Minimum FOC vert



100 m

E-Herbaudière-20200729-30-MNH-vert-infrarouge-FOC_MNS-MNT

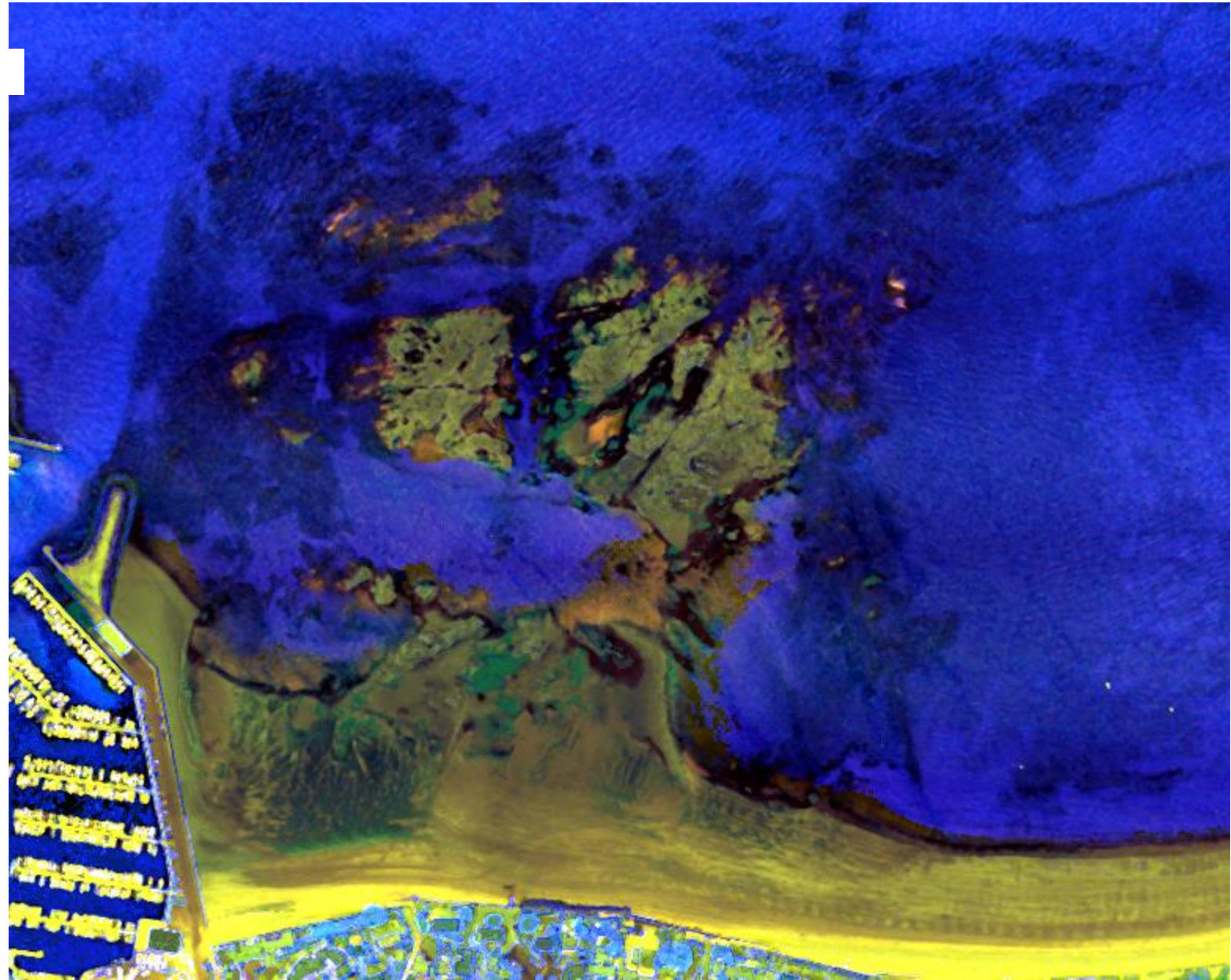
Modèle Numérique de Hauteur (MNH)
combinant à la fois la différence entre MNS et
MNT et la largeur des formes d'ondes de la
végétation basse.



E-Herbaudière-20200729-30-FOC-vert-infrarouge-mer

Composition colorée révélant les variations de composition du fond de l'eau claire.

- Somme FOC vert
- Somme FOC vert infrarouge
- Somme FOC vert infrarouge sous 1^{er} écho (surface de l'eau)

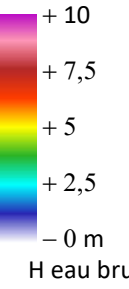
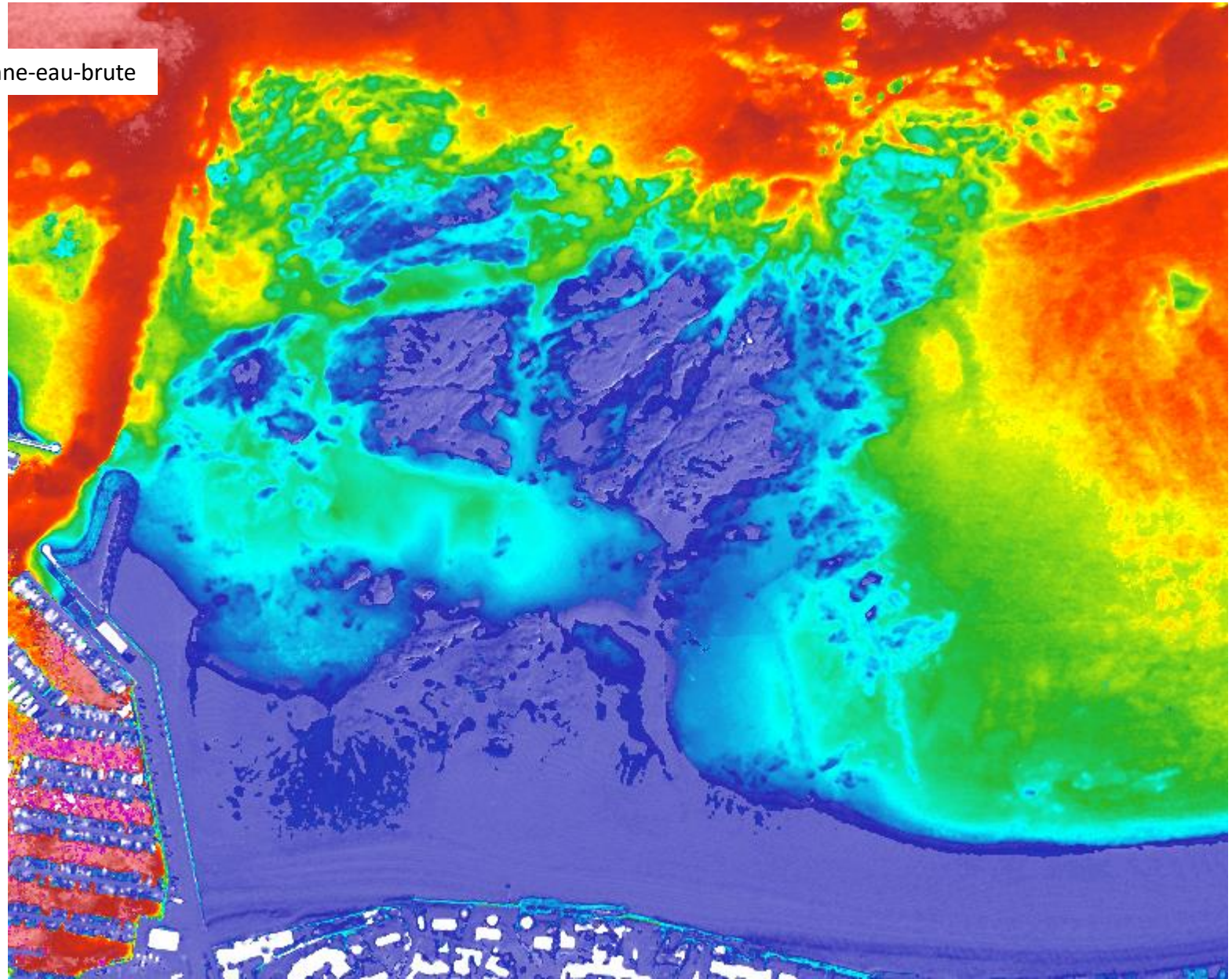


100 m

E-Herbaudière-20200729-30-FOC-vert-infrarouge-colonne-eau-brute

Hauteur brute de la colonne d'eau entre la base de la forme d'onde du laser vert et la combinaison du MNS vert et du MNT infrarouge donnant la surface de l'eau.

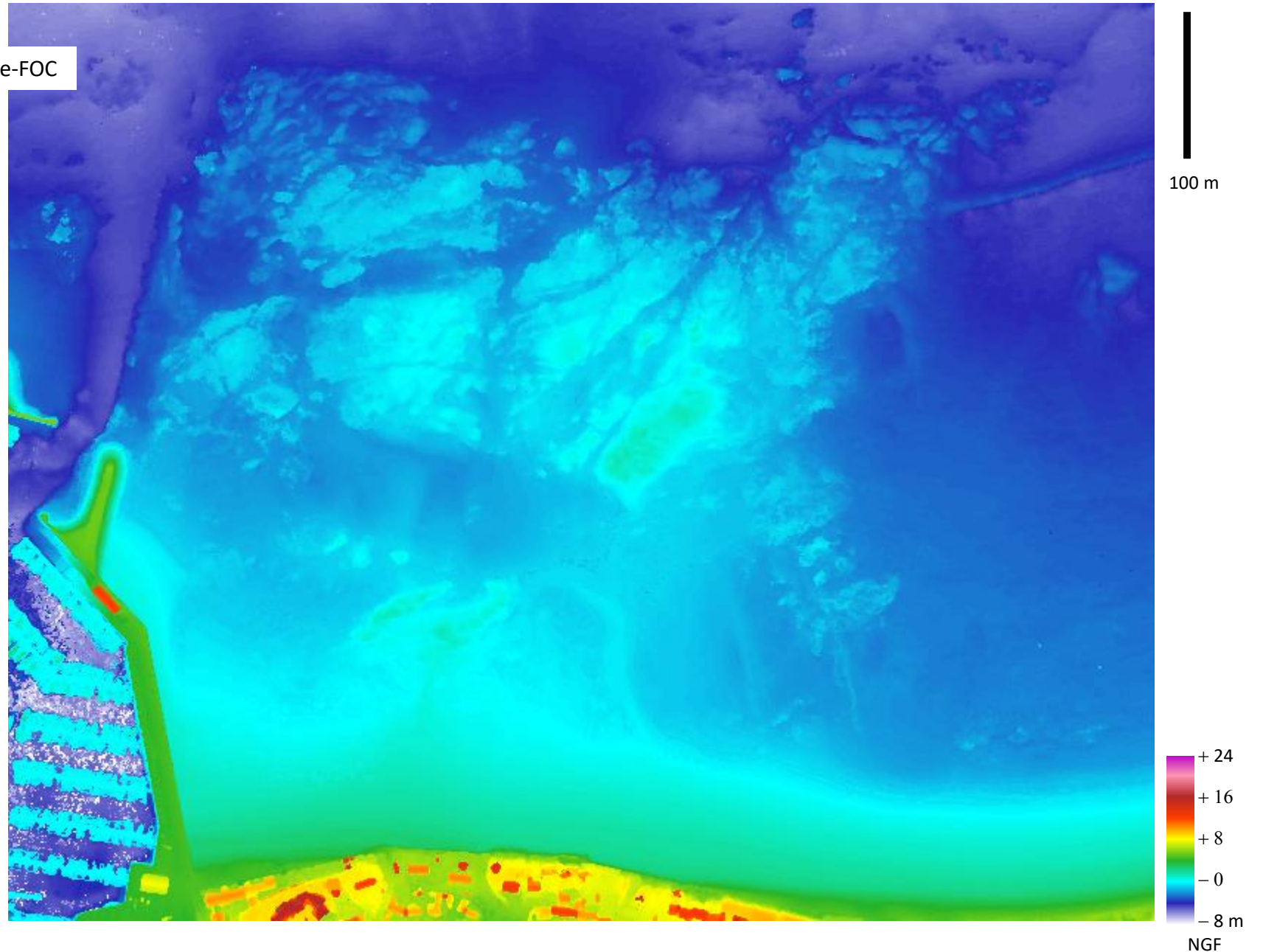
10 m bruts donnent environ 7,5 m d'eau après correction bathymétrique.



E-Herbaudière-20200729-30-MNB-vert-infrarouge-limite-FOC

Modèle Numérique de Bathymétrie (MNB) ou enveloppe inférieure de la combinaison des échos discrets vert, des échos de forme d'onde du vert et de la limite d'atténuation des formes d'onde du vert tous corrigé de la bathymétrie avec un indice d'eau de 1,34. L'angle d'incidence moyen pris pour le calcul de la réfraction et de 12° pour des données acquises à plus ou moins 10° .

Les bateaux du port font écran au fond et les bâtiments comme les troncs d'arbres (le sursol) restent visibles.



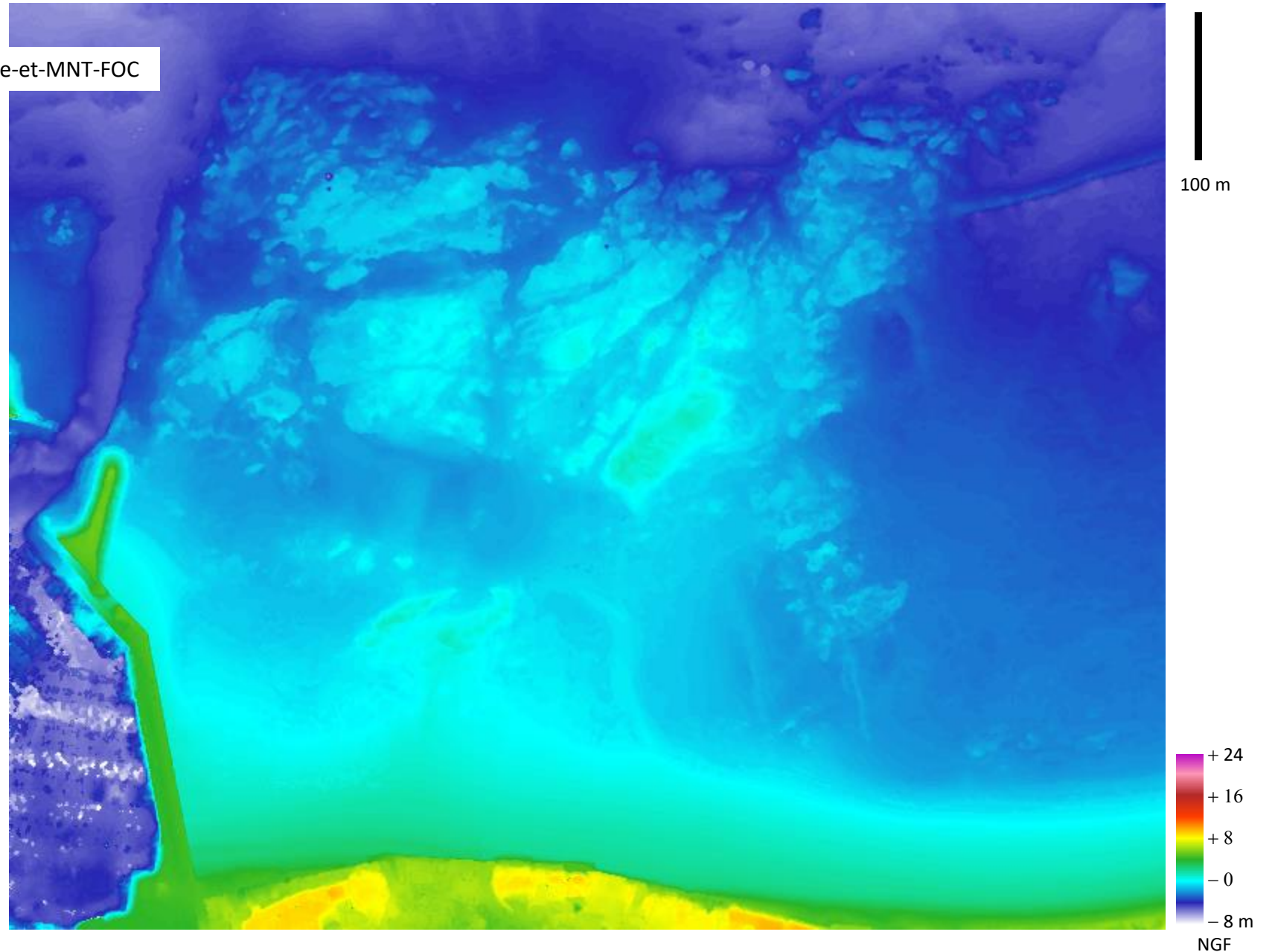
Avec correction bathymétrique

E-Herbaudière-20200729-30-MNB-vert-infrarouge-limite-et-MNT-FOC

Modèle Numérique de Bathymétrie (MNB) avec prise en compte de MNT des échos de formes d'ondes éliminant le sursol.

Les bateaux ont bien disparu grâce au MNT avec interpolation du sol sous eux mais le retrait du bâtiment de la digue du port fait apparaître une fausse brèche. Seul le MNB construit à partir des limites d'atténuation des formes d'ondes respecte strictement la forme d'un relief.

Une médiane 3x3 a été utilisée pour retirer du bruit dans le port.



Avec correction bathymétrique

E-Herbaudière-20200729-30-MNE-tous

Modèle Numérique d'Élévation (MNE) général rassemblant toutes les données d'altitude visualisant ici sur le canal R le MNT discret infrarouge, canal V les derniers échos de forme d'onde du vert et canal B la limite d'atténuation de la forme d'onde du vert. La coupe affiche aussi le MNT des échos discrets verts montrant qu'en LiDAR classique, sans enregistreur de retour d'onde, ne peut pas atteindre les mêmes profondeurs d'eau à turbidité modérée.

La base de la forme d'onde doit être corrigée de la demi-largeur de la forme d'onde de l'écho de fond pour donner la bonne altitude (voir Launeau et al 2019).

- MNT discret infrarouge
- MNB optimisée pour eau claire
- MNT dernier échos de FOC vert
- Base FOC vert brute avant ajustement au type de turbidité

Avec correction bathymétrique

