

# SYNTHESE DES MISSIONS RESISTE

## TRAITEMENT SMF EM2040 ET SONAR LATERAL KLEIN 3000

<b>Version : 1</b>			
<b>Référence interne :</b> NA			
<b>Diffusion :</b> <input checked="" type="checkbox"/> Libre (internet) <input type="checkbox"/> Restreinte (intranet) - date de levée d'embargo : AAA/MM/JJ <input type="checkbox"/> Interdite (confidentielle) - date de levée de confidentialité : AAA/MM/JJ			
<b>Résumé/ Abstract :</b> Synthèse des traitements SMF EM2040 et sonar KLEIN 3000 des missions RESISTE à bord du N/O Thalia.			
<b>Comment citer :</b> <u>Guerin Charline</u> (2022). Synthèse des missions RESISTE. Traitement SMF EM2040 et sonar latéral KLEIN 3000. <a href="https://archimer.ifremer.fr/doc/00797/90904/">https://archimer.ifremer.fr/doc/00797/90904/</a>			
<b>DOI :</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- RESISTE 2020 <a href="https://doi.org/10.17600/18001017">https://doi.org/10.17600/18001017</a></li><li>- RESISTE 2021 <a href="https://doi.org/10.17600/18001587">https://doi.org/10.17600/18001587</a></li><li>- RESISTE 2022 <a href="https://doi.org/10.17600/18002006">https://doi.org/10.17600/18002006</a></li></ul>			
<b>Révisions</b>			
Indice	Objet	Date	Auteurs
1	Version initiale	01/06/2023	Charline GUERIN

--	--	--	--

<b>1. Introduction.....</b>	<b>5</b>
<b>1.1 Contexte.....</b>	<b>5</b>
<b>1.2 Liste des campagnes réalisées.....</b>	<b>5</b>
<b>1.3 Plan de positionnement.....</b>	<b>5</b>
<b>1.4 Notes .....</b>	<b>6</b>
<b>2. Incertitude de la donnée .....</b>	<b>7</b>
<b>2.1 Norme OHI - S44 (6<sup>ème</sup> édition, septembre 2020) .....</b>	<b>7</b>
<b>2.2 Calcul théorique d'incertitude ITP.....</b>	<b>7</b>
<b>2.3 Synthèse des incertitudes effectives des mesures .....</b>	<b>8</b>
<b>3. Indice qualité - Aide à l'interprétation .....</b>	<b>9</b>
<b>4. Mission d'octobre 2020 (RESISTE2-TH-2020).....</b>	<b>12</b>
<b>4.1 Traitement SMF EM2040 – bathymétrie.....</b>	<b>12</b>
4.1.1 Système de positionnement .....	12
4.1.2 Traitement de la marée .....	12
4.1.3 Tirant d'eau.....	12
4.1.4 Problèmes rencontrés .....	13
<b>4.2 Indice qualité.....</b>	<b>14</b>
<b>4.3 Incertitude effective de la mesure .....</b>	<b>14</b>
<b>4.4 Statistiques.....</b>	<b>16</b>
4.4.1 Boite « Concession ».....	16
4.4.2 Boite « Dunes » .....	18
<b>4.5 Traitement SMF EM2040 – réflectivité.....</b>	<b>19</b>
<b>4.6 Traitement sonar latéral KLEIN 3000 .....</b>	<b>19</b>
<b>5. Mission d'avril 2021 (RESISTE1-2021).....</b>	<b>20</b>
<b>5.1 Traitement SMF EM2040 – bathymétrie.....</b>	<b>20</b>
5.1.1 Système de positionnement .....	20
5.1.2 Traitement de la marée .....	20
5.1.3 Tirant d'eau.....	20
5.1.4 Problèmes rencontrés .....	21
<b>5.2 Indice qualité.....</b>	<b>23</b>
<b>5.3 Incertitude effective de la mesure .....</b>	<b>23</b>
<b>5.4 Statistiques.....</b>	<b>25</b>
5.4.1 Boite « Concession ».....	25
5.4.2 Boite « Dunes » .....	27
<b>5.5 Traitement SMF EM2040 – réflectivité.....</b>	<b>28</b>
<b>5.6 Traitement sonar latéral KLEIN 3000 .....</b>	<b>28</b>

<b>6. Mission de novembre 2021 (RESISTE2-2021)</b> .....	<b>29</b>
<b>6.1 Traitement SMF EM2040 – bathymétrie</b> .....	<b>29</b>
6.1.1 Système de positionnement .....	29
6.1.2 Traitement de la marée .....	29
6.1.3 Tirant d'eau.....	29
6.1.4 Problèmes rencontrés.....	30
<b>6.2 Indice qualité</b> .....	<b>30</b>
<b>6.3 Incertitude effective de la mesure</b> .....	<b>30</b>
<b>6.4 Statistiques</b> .....	<b>32</b>
6.4.1 Boîte « Concession ».....	32
6.4.2 Boîte « Dunes ».....	34
<b>6.5 Traitement SMF EM2040 – réflectivité</b> .....	<b>35</b>
<b>6.6 Traitement sonar latéral KLEIN 3000</b> .....	<b>35</b>
<b>7. Mission d'avril 2022 (RESISTE1-2022)</b> .....	<b>36</b>
<b>7.1 Traitement SMF EM2040 – bathymétrie</b> .....	<b>36</b>
7.1.1 Système de positionnement .....	36
7.1.2 Traitement de la marée .....	36
7.1.3 Tirant d'eau.....	36
7.1.4 Problèmes rencontrés.....	37
<b>7.2 Indice qualité</b> .....	<b>39</b>
<b>7.3 Incertitude effective de la mesure</b> .....	<b>39</b>
<b>7.4 Statistiques</b> .....	<b>41</b>
7.4.1 Boîte « Concession ».....	41
7.4.2 Boîte « Dunes ».....	43
<b>7.5 Traitement SMF EM2040 – réflectivité</b> .....	<b>44</b>
<b>7.6 Traitement sonar latéral KLEIN 3000</b> .....	<b>44</b>
<b>8. Mission de novembre 2022 (RESISTE2-2022)</b> .....	<b>44</b>
<b>8.1 Traitement SMF EM2040 – bathymétrie</b> .....	<b>44</b>
8.1.1 Système de positionnement .....	44
8.1.2 Traitement de la marée .....	45
8.1.3 Tirant d'eau.....	45
8.1.4 Problèmes rencontrés.....	46
<b>8.2 Indice qualité</b> .....	<b>46</b>
<b>8.3 Incertitude effective de la mesure</b> .....	<b>46</b>
<b>8.4 Statistiques</b> .....	<b>48</b>
8.4.1 Boîte « Concession ».....	48
8.4.2 Boîte « Dunes ».....	50
<b>8.5 Traitement SMF EM2040 – réflectivité</b> .....	<b>51</b>
<b>8.6 Traitement sonar latéral KLEIN 3000</b> .....	<b>51</b>
<b>9. Différentiels bathymétriques entre les différentes campagnes</b> .....	<b>52</b>
<b>9.1 Différentiels</b> .....	<b>52</b>
<b>9.2 Statistiques sur les différentiels</b> .....	<b>55</b>
<b>10. Conclusion</b> .....	<b>61</b>

**11. Bibliographie..... 62**

**12. Annexes ..... 63**

12.1.1 Système de positionnement utilisé par Ixblue .....63  
 12.1.2 Référence verticale utilisée par Ixblue .....63

Figure 1: Plan de navigation des missions RESISTE .....6  
 Figure 2: Fichier de correction du tirant d'eau par la méthode "draught correction" ..... 13  
 Figure 3: Indice qualité des boîtes "Concession" et "Dunes" de la mission RESISTE2-TH-2020..... 14  
 Figure 4: Incertitude effective de la mesure (abscisse en m)..... 15  
 Figure 5: Répartition des profondeurs, boîte "Concession" (abscisse en m) ..... 16  
 Figure 6: Répartition des écarts-type, boîte "Concession" (abscisse en m)..... 16  
 Figure 7: Répartition des sondes par cellule, boîte « Concession » ..... 17  
 Figure 8: Répartition des profondeurs, boîte "Dunes" (abscisse en m) ..... 18  
 Figure 9: Répartition des écarts type, boîte "Dunes" (abscisse en m)..... 18  
 Figure 10: Répartition des sondes par cellule, boîte "Dunes" ..... 19  
 Figure 11: Fichier de correction du tirant d'eau par la méthode "draught correction" ..... 21  
 Figure 12: Illustration des problèmes de célérimètre ..... 22  
 Figure 13: Valeurs du célérimètre SBE21 aberrantes..... 22  
 Figure 14: Indice qualité sur les boites "Concession" et "Dunes" de la mission RESISTE1\_2021 ..... 23  
 Figure 15: Incertitude effective de la mesure (abscisse en m) ..... 24  
 Figure 16: Répartition des profondeurs, boîte "Concession" (abscisse en m) ..... 25  
 Figure 17: Répartition des écarts type, boîte "Concession" (abscisse en m) ..... 25  
 Figure 18: Répartition des sondes par cellule, boîte "Concession" ..... 26  
 Figure 19: Répartition des profondeurs, boîte "Dunes" (abscisse en m)..... 27  
 Figure 20: Répartition des écarts type, boîte "Dunes" (abscisse en m) ..... 27  
 Figure 21: Répartition des sondes, boîte "Dunes" ..... 28  
 Figure 22: Fichier de correction du tirant d'eau par la méthode "draught correction" ..... 30  
 Figure 23: Indice qualité des boites "Concession" et "Dunes" de la mission RESISTE2-2021 ..... 30  
 Figure 24: Incertitude effective de la mesure (abscisse en m) ..... 31  
 Figure 25: Répartition des profondeurs, boîte "Concession" (abscisse en m) ..... 32  
 Figure 26: Répartition des écarts type, boîte "Concession" (abscisse en m) ..... 32  
 Figure 27: Répartition des sondes par cellule, boîte "Concession" ..... 33  
 Figure 28: Répartition des profondeurs, boîte "Dunes" (abscisse en m) ..... 34  
 Figure 29: Répartition des écarts type, boîte "Dunes" (abscisse en m) ..... 34  
 Figure 30: Répartition des sondes par cellule, boîte "Dunes" ..... 35  
 Figure 31: Fichier de correction du tirant d'eau par la méthode "biais vertical" ..... 37  
 Figure 32: Fichier de correction du tirant d'eau par la méthode "draught correction" ..... 37  
 Figure 33: Artéfact dans un recouvrement de profils..... 38  
 Figure 34: Célérité de surface dans les fichiers .mbg..... 39  
 Figure 35: Indice qualité des boites "Concession" et "Dunes" de la mission RESISTE1\_2022 ..... 39  
 Figure 36: Incertitude effective de la mesure (abscisse en m) ..... 40  
 Figure 37: Répartition des profondeurs, boîte "Concession" (abscisse en m) ..... 41  
 Figure 38: Répartition des écarts type, boîte "Concession" (abscisse en m) ..... 41  
 Figure 39: Répartition des sondes par cellule, boîte "Concession" ..... 42  
 Figure 40: Répartition des profondeurs, boîte "Dunes" (abscisse en m) ..... 43  
 Figure 41: Répartition des écarts type, boîte "Dunes" (abscisse en m) ..... 43  
 Figure 42: Répartition des sondes par cellule, boîte "Dunes" ..... 44  
 Figure 43: Calcul de l'évolution théorique du tirant d'eau en fonction du temps..... 46  
 Figure 44: Indice qualité des boites "Concession" et "Dunes" de la mission RESISTE2-2022 ..... 46  
 Figure 45: Incertitude effective de la mesure (abscisse en m) ..... 47  
 Figure 46: Répartition des profondeurs, boîte "Concession" (abscisse en m) ..... 48  
 Figure 47: Répartition des écarts type, boîte "Concession" (abscisse en m) ..... 48  
 Figure 48: Répartition des sondes par cellule, boîte "Concession" ..... 49  
 Figure 49: Répartition des profondeurs, boîte "Dunes" (abscisse en m) ..... 50

Figure 50: Répartition des écarts type, boîte "Dunes" (abscisse en m) .....	50
Figure 51: Répartition des sondes par cellule, boîte "Dunes" .....	51
Figure 52: Novembre 2020 - Novembre 2017 .....	52
Figure 53: Novembre 2021 - Novembre 2020 .....	53
Figure 54: Novembre 2022 - Novembre 2021 .....	53
Figure 55: Novembre 2022 - Novembre 2020 .....	54
Figure 56: Novembre 2022 - Novembre 2017 .....	54
Figure 57: Avril 2022 - Avril 2021 .....	55
Figure 58: Statistiques sur les différentiels Novembre 2020 - Novembre 2017 (en m) .....	56
Figure 59: Statistiques sur les différentiels Novembre 2021 - Novembre 2020 (en m) .....	57
Figure 60: Statistiques sur les différentiels Novembre 2022 - Novembre 2017 (en m) .....	58
Figure 61: Statistiques sur les différentiels Novembre 2022 - Novembre 2021 (en m) .....	59
Figure 62: Statistiques sur les différentiels Avril 2022 - Avril 2021 (en m) .....	60
Figure 63: Proposition d'arborescence des fichiers lors du traitement des outils; pour le SMF à gauche, pour le sonar à droite .....	62

Tableau 1: Norme OHI - S44 .....	7
Tableau 2: Incertitude théorique verticale et horizontale de la mesure bathymétrique (source GENAVIR) .....	8
Tableau 3: Tableau synthèse des incertitudes effectives des mesures des différentes campagnes .....	9
Tableau 4: Critères sélectionnés pour le calcul de l'indice qualité (GLOBE) .....	11
Tableau 5: Statistiques d'utilisation des différents systèmes de positionnement .....	12
Tableau 6: Calcul de l'évolution théorique du tirant d'eau (en m) en fonction du temps .....	13
Tableau 7: Maximum des corrections appliquées .....	14
Tableau 8: Statistiques sur différentes couches pour 95% des valeurs, boîte « Concession » .....	17
Tableau 9: Statistiques sur différentes couches pour 95% des valeurs, boîte "Dunes" .....	19
Tableau 10: Calcul de l'évolution théorique du tirant d'eau (en m) en fonction du temps .....	21
Tableau 11: Statistiques sur différentes couches pour 95% des valeurs, boîte "Concession" .....	26
Tableau 12: Statistiques sur différentes couches pour 95% des valeurs, boîte "Dunes" .....	28
Tableau 13: Statistiques sur différentes couches pour 95% des valeurs, boîte "Concession" .....	33
Tableau 14: Statistiques sur différentes couches pour 95% des valeurs .....	35
Tableau 15: Répartition des outils, des zones de travail et des profils .....	36
Tableau 16: Calcul de l'évolution théorique du tirant d'eau (en m) en fonction du temps .....	37
Tableau 17: Statistiques sur différentes couches pour 95% des valeurs, boîte "Concession" .....	42
Tableau 18: Statistiques sur différentes couches pour 95% des valeurs, boîte "Dunes" .....	44
Tableau 19: Calcul de l'évolution théorique du tirant d'eau (en m) en fonction du temps .....	45
Tableau 20 : Statistiques sur différentes couches pour 95% des valeurs, boîte « Concession » .....	49
Tableau 21: Statistiques sur différentes couches pour 95% des valeurs, boîte "Dunes" .....	51
Tableau 22: Moyenne et écart-type sur les différentiels bathymétriques des campagnes RESISTE .....	55

## 1. Introduction

### 1.1 Contexte

Le site d'extraction du Pilier, situé au large de l'estuaire de la Loire, a été travaillé entre 1986 et 2017 période pendant laquelle plus de 40 Mm<sup>3</sup> de sables et graviers ont été prélevés, ce qui a conduit à la création d'une souille de près de 2,5 km<sup>2</sup> et atteignant au maximum 7-8 m de profondeur à l'ouest de la concession. Les suivis environnementaux mis en œuvre réglementairement (levés financés par les concessionnaires et réalisés par des bureaux d'étude), dont un levé de fin de travaux réalisé en 2017, ont montré des modifications de la nature des sédiments superficiels en raison d'une part de la présence dans le gisement de sédiments plus grossiers en profondeur et mis à jour suite à l'extraction et d'autre part d'un affinement de la granulométrie ayant conduit à un changement de communauté benthique. Ce site est un des premiers sites d'extraction, d'envergure, fermé à l'extraction et sur lequel plus aucun prélèvement de granulats ne sera donc réalisé. Il semble de ce fait particulièrement bien adapté pour démarrer un programme d'acquisition de connaissance sur la capacité de résilience d'un site soumis à pression anthropique.

Ce projet de campagnes (deux par an) vise donc à acquérir les données nécessaires afin d'observer la capacité (ou non) de résilience physique et biologique d'un site soumis à pression anthropique.

### 1.2 Liste des campagnes réalisées

Les campagnes sont réalisées à bord du navire N/O Thalia.

- RESISTE2-TH-2020 : du 9 au 19 octobre 2020 (embarquant Charline GUERIN)
- RESITE1-2021 : du 29 mars au 15 avril 2021 (embarquant Arnaud GAILLOT)
- RESISTE2-2021 : du 3 au 26 novembre 2021 (embarquant Florian BESSON)
- RESISTE1-2022 : du 28 mars au 20 avril 2022 (embarquants Delphine PIERRE, Benoit LOUBRIEU)
- RESISTE2-2022 : du 24 octobre au 11 novembre 2022 (embarquant Robin BONNET)

Les campagnes successives sont décrites sur les pages « data.ifremer.fr » <https://campagnes.flotteoceanographique.fr/>.

### 1.3 Plan de positionnement

La zone d'étude est divisée en 3 grands secteurs : boîte « concession », boîte « dunes » et « profils régionaux » tel que présenté ci-dessous :

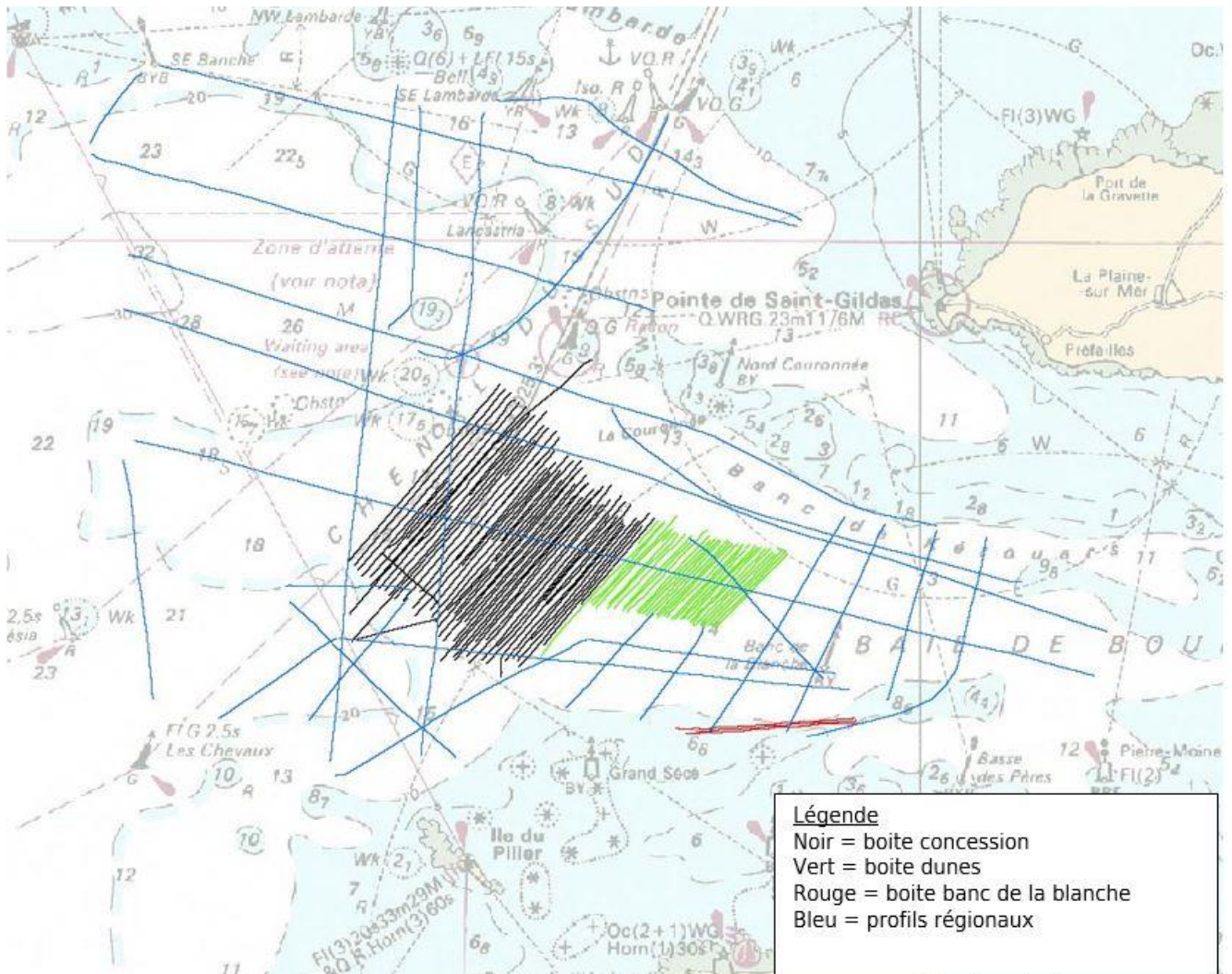


Figure 1: Plan de navigation des missions RESISTE

#### 1.4 Notes

- L'ensemble des données est disponible sur le disque réseau \\datawork\datawork-geocean-resiste-traitement-data-s
- Les données de bathymétrie sont traitées avec le logiciel GLOBE, les données de réflectivité sont traitées avec le logiciel SONARSCOPE, les statistiques sur les différentiels bathymétriques sont issus du logiciel ArcGIS PRO
- Les corrections de célérité ne sont faites que sur les profils des boîtes « Concession » et « Dunes » (pas sur les profils « traversiers »)
- Les cadres géographiques des traitements bathymétriques sont arrondis et droits pour faciliter les calculs de différentiels
- Lors de la génération des .dtm, la projection appliquée est systématiquement WGS84 - WORLD MERCATOR latitude conservée N47
- Les industriels ont fourni des données de bathymétrie concernant le levé de novembre 2017. Ces données ont été converti en .dtm, WGS84 - WORLD MERCATOR N47 pour faciliter les calculs de différentiels.

## 2. Incertitude de la donnée

### 2.1 Norme OHI – S44 (6<sup>ème</sup> édition, septembre 2020)

L'Organisation Hydrographique Internationale (OHI) a défini une norme applicable aux levés hydrographiques destinée à améliorer la sécurité de la navigation, la connaissance et la protection de l'environnement marin. Ci-dessous le tableau détaillant la norme mise à jour en septembre 2020 :

	<b>Ordre 2</b>	<b>Ordre 1b</b>	<b>Ordre 1a</b>	<b>Ordre spécial</b>
<b>Précision horizontale (niveau de confiance = 95%)</b>	20m + 10% P	5m + 5% P	5m + 5% P	2m
<b>Précision verticale (niveau de confiance=95%)</b>	a=1m b=0.023	a=0.5m b=0.013	a=0.5m b=0.013	a=0.25m b=0.0075
<b>Capacité de détection</b>	Non demandé	Non demandé	Eléments cubiques > 2m si P < 40m et 10% P si P > 40m	Eléments cubiques > 1m

Tableau 1: Norme OHI - S44

La précision verticale est donnée par  $(a^2+(P*b)^2)$ .

### 2.2 Calcul théorique d'incertitude ITP

Les performances de la chaîne d'acquisition mis en œuvre sont calculées, théoriquement, par propagation des incertitudes associées à chaque équipement. Les résultats de ce calcul ITP (Incertitude Totale Propagée) sont détaillés dans le tableau suivant. Ces valeurs sont arbitraires notamment parce que celles annoncées par les constructeurs sont en général optimistes. Il est relativement difficile de faire la part des choses entre les erreurs aléatoires et les erreurs systématiques.

Pour les mesures de profondeurs, on utilise l'écart type (RMS = root mean square ou erreur quadratique moyenne) comme indicateur de la précision.

Pour le positionnement, on utilise

DRMS (distance root mean square) = racine  $(RMS(Lat)^2 + RMS(Lon)^2)$

Ceci représente le rayon du cercle d'incertitude.

Les valeurs indiquées sont calculées pour une profondeur de 30m et une ouverture angulaire de 60°.



			<b>Précision verticale (écart-type - mètre)</b>	<b>Précision horizontale (DRMS - mètres)</b>
<b>Navigation</b>	Positionnement RTK Orpheon	DRMS=0.1m		0.10
<b>Sondeur EM2040</b>	Distance	0.02 m	0.01	0.02
	Angle	0.03 deg	0.03	0.02
<b>Attitude - Hydrins</b>	Roulis	0.02 deg	0.02	0.01
	Tangage	0.02 deg		0.01
	Cap	0.02 deg		0.02
<b>Célérité</b>	Pilonnement	5 cm	0.05	
	Surface	0.5 m/s	0.03	0.02
	Profil	1 m/s	0.10	0.12
<b>Position capteurs</b>	Horizontaux	0.05 m		0.05
	Verticaux (tirant d'eau)	0.05 m	0.05	
<b>Marée</b>			0.10	
<b>Bilan</b>			0.16	0.17

Tableau 2: Incertitude théorique verticale et horizontale de la mesure bathymétrique (source GENAVIR)

L'incertitude théorique finale de la mesure de profondeur est de 16 cm. Cette valeur semble pessimiste par rapport aux mesures effectuées lors des essais en Août 2020 qui étaient de l'ordre de 5 cm.

L'incertitude théorique finale de la mesure de positionnement des sondes est de 17 cm. Cette valeur semble à l'inverse optimiste au vu des résultats de ces mêmes essais qui étaient de l'ordre de 40 cm

([https://www.ifremer.fr/madida/documents/analyses/2020\\_014\\_QAE\\_TH-EM2040\\_essdec\\_aout2020\\_v1.pdf](https://www.ifremer.fr/madida/documents/analyses/2020_014_QAE_TH-EM2040_essdec_aout2020_v1.pdf)).

La précision de positionnement du GPS différentiel est de l'ordre de 3m et du GPS naturel est de l'ordre de la dizaine de mètres.

### 2.3 Synthèse des incertitudes effectives des mesures

Trois principaux paramètres font l'objet d'une analyse statistique pour contrôler la qualité du levé et vérifier sa conformité aux spécifications :

- La densité des sondes, correspondant au nombre moyen de sondes par cellule de 1m de côté.
- L'écart-type vertical, correspondant à l'écart moyen vertical entre les sondes mesurées par cellule de 1m de côté composant le MNT.

- L'écart de mesures entre les sondes mesurées au croisement d'un profil transversal et les profils du levé.

Le tableau ci-dessous résume les incertitudes effectives des mesures des différentes campagnes. Le détail est visible dans un chapitre dédié par campagne.

	Nombre de sondes par cellule		Ecart-type vertical		Ecart de mesures au croisement	
	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type
<b>RESISTE2-TH-2020</b>	34	16	3cm	2cm	10cm	8cm
<b>RESISTE1-2021</b>	22	16	3cm	2cm	3cm	7cm
<b>RESISTE2-2021</b>	22	11	3cm	2cm	10cm	7cm
<b>RESISTE1-2022</b>	21	8	2cm	1cm	3cm	8cm
<b>RESISTE2-2022</b>	23	12	3cm	2cm	3cm	8cm

Tableau 3: Tableau synthèse des incertitudes effectives des mesures des différentes campagnes

L'analyse illustre une précision de l'ordre décimétrique et est cohérente avec la norme OHI pour les levés hydrographiques (6<sup>ème</sup> édition, septembre 2020 - Publication S-44). Les levés bathymétriques multifaisceaux des missions RESISTE répondent aux exigences de levé d'ordre spécial.

Le module « Orpheus » de GLOBE n'a pas pu être utilisé car son fonctionnement nécessite des fichiers .xsf. Pour ce projet, ce sont des fichiers .mbg qui ont été utilisés.

Les écarts aux croisements résultent de comparaison de MNTs avec un MNT calculé sur un profil « traversier ». Il est important de noter que les profils traversiers ont tous été corrigé de la marée, du tirant d'eau, ont subi une épuration manuelle mais n'ont pas eu de correction de célérité.

### 3. Indice qualité - Aide à l'interprétation

Les MNTs qui sont générés dans le logiciel GLOBE sont des MNTs multicouches. Pour chaque pixel (ou cellule), plusieurs variables sont calculées à partir des sondes mesurées à l'acquisition et situées à l'intérieur de la cellule :

- Profondeur moyenne des sondes,
- Profondeur maximale des sondes,
- Profondeur minimale des sondes,

- Ecart type des sondes valides dans le pixel,
- Distance minimale des sondes par rapport au nadir du passage du navire,
- Distance maximale des sondes par rapport au nadir du passage du navire,
- Nombre de sondes invalides,
- Nombre de sondes valides,
- Indicateur de valeur interpolée à partir des cellules voisines (en cas d'absence de sondes dans le nœud de grille).

Ces couches d'information sont utilisées pour générer un indicateur qualité : cet indicateur est principalement une alerte du risque d'artéfacts ou de valeurs dégradées à chaque cellule du MNT.

5 critères sont retenus : l'angle d'incidence, le nombre de sondes dans la cellule, l'interpolation, le taux de sondes invalidées, la valeur anormale d'écart-type. Ces 5 critères sont décrits dans l'aide du logiciel GLOBE.

Indicator	Description	Observed layer	Parameter	True if
<b>interpolation</b>	Indicates if the elevation has been computed by interpolation (and not coming from real detections).	<b>interpolation_flag</b>	-	interpolation_flag == True
<b>density</b>	Indicates if the number of detection to compute elevation is insufficient.	<b>value_count</b> and <b>filtered_sounding</b>	<b>min_value_count</b> : minimum threshold	value_count + filtered_sounding < <b>min_value_count</b>
<b>stdev</b>	Indicates an abnormal standard deviation compared to neighboring cells (= the 8 cells around).	<b>stdev</b> and <b>elevation</b>  neighborhood_stdev = mean of the <b>stdev</b> values of the 8 surrounding cells.  stdev_of_neighborhood_elev = standard deviation of the <b>elevation</b> values of the 8 surrounding cells.	-	stdev - neighborhood_stdev > stdev_of_neighborhood_elev

<b>invalid_detection</b>	Indicates a high rate of invalid detections.	<b>value_count</b> and <b>filtered_sounding</b>  invalid_rate = filtered_sounding / (value_count + filtered_sounding)  mean_invalid_rate = mean of all invalid_rate	<b>threshold</b> : maximum ratio	invalid_rate / mean_invalid_rate > <b>threshold</b>
<b>across_angle</b>	Indicates cells filled by less accurate outerbeam's detections.	<b>max_across_angle</b> if present, else across_angle is computed from <b>max_across_distance</b> and <b>elevation</b> .	<b>across_angle_max_threshold</b> : maximum threshold	across_angle > <b>across_angle_max_threshold</b>

Tableau 4: Critères sélectionnés pour le calcul de l'indice qualité (GLOBE)

Pour chacun des critères, lorsque le test d'alerte est positif, l'indice qualité du pixel prend une valeur spécifique.

Au final, une couche « indice qualité » est générée pour l'ensemble du MNT.

Cette couche d'information « Indice Qualité » est proposé par l'équipe ANTIPOD en accompagnement des MNTs et de leur usage dans les logiciels SIG.

## 4. Mission d'octobre 2020 (RESISTE2-TH-2020)

Toutes les informations concernant cette campagne sont consignées dans le rapport « \\datawork\datawork-geocean-resiste-traitement-data-s\01\_RESISTE2\_TH\_2020\20210304\_CG01\_RESISTE2\_TH\_2020\_Traitement\_SMF\_Sonar.doc ».

### 4.1 Traitement SMF EM2040 – bathymétrie

#### 4.1.1 Système de positionnement

Le tableau ci-dessous illustre les statistiques d'utilisation des différents systèmes de positionnement au cours de la mission :

GPS naturel	12%
GPS différentiel	20%
RTK fixe	0%
RTK flottant	68%

Tableau 5: Statistiques d'utilisation des différents systèmes de positionnement

#### 4.1.2 Traitement de la marée

Différents traitements de marée ont été appliqués :

- « TRAITEMENT1 » : correction de la marée automatique (fichier harmonique + surcote mesurée au marégraphe de St Nazaire) et ajustement de la hauteur d'eau manuelle pour cohérence entre les profils
- « TRAITEMENT2 » : correction de la marée automatique (fichier harmonique + surcote mesurée au marégraphe de l'Herbaudière)
- « TRAITEMENT3 » : correction de la marée avec les fichiers .ttb issus de Qtinars fournis par GENAVIR

Sachant que le système RTK n'a pas fonctionné en continue au cours de la mission, il a été décidé de traiter les données avec la méthode des harmoniques, corrigés de la surcote mesurée au marégraphe le plus proche (l'Herbaudière). Cette méthode a l'avantage 1/ de prendre en compte l'aspect spatiale, 2/ d'être cohérente sur l'ensemble du levé et 3/ d'être reproductible d'une mission à l'autre. Pour plus d'informations, se référer à la page 19 du rapport de traitement « 20210304\_CG01\_RESISTE2\_TH\_2020\_Traitement\_SMF\_Sonar.docx ».

#### 4.1.3 Tirant d'eau

Les données ont été corrigées d'un tirant d'eau théorique, calculé à partir des quelques données mesurées.

Date		Zeau/pt réf (mesuré)	Biais moyen	Zeau/pt réf (estimé)
10/10/20	Matin	1.270	-0.012	
	Soir	En mer	-0.012	1.258
11/10/20	Matin	En mer	-0.012	1.246
	Soir	En mer	-0.012	1.234
12/10/20	Matin	En mer	-0.012	1.222
	Soir	En mer	-0.012	1.21

13/10/20	Matin	En mer	-0.012	1.198
	Soir	1.184		
14/10/20	Matin	1.170		
	Soir	1.272		
15/10/20	Matin	1.261	-0.035	
	Soir	En mer	-0.035	1.226
18/10/20	Matin	En mer	-0.035	1.191
	Soir	1.155		

Tableau 6: Calcul de l'évolution théorique du tirant d'eau (en m) en fonction du temps

$$\text{Biais moyen} = \frac{\text{mesure jour}_n - \text{mesure jour}_0}{\text{nombre de jours } (n - 0)}$$

$$\text{Zeau / Pt ref (estimé)} = \text{mesure jour}_0 + \text{Biais moyen}$$

#### Note d'Hervé BISQUAY:

Xavier MORIN a repris le calcul de WLZ (cote de la ligne de flottaison p/r au point de référence du navire) à partir des mesures de tirant d'air. Ce nouveau calcul prend correctement en compte le repère choisi par le géomètre. Il y a un décalage de 9 cm par rapport au modèle précédent. **-9 cm** ont donc été ajoutés aux valeurs du tableau.

Le système d'acquisition SIS a une valeur WLZ = -1m enregistrée (repère du bateau positif vers le bas).

La correction du tirant d'eau a été faite par la méthode « draught correction » à l'aide des valeurs suivantes :

```

10/10/2020 08:00:00.000 -0.36
10/10/2020 18:00:00.000 -0.35
11/10/2020 08:00:00.000 -0.34
11/10/2020 18:00:00.000 -0.32
12/10/2020 08:00:00.000 -0.31
12/10/2020 18:00:00.000 -0.30
13/10/2020 08:00:00.000 -0.29
13/10/2020 18:00:00.000 -0.27
14/10/2020 08:00:00.000 -0.26
14/10/2020 18:00:00.000 -0.36
15/10/2020 08:00:00.000 -0.35
15/10/2020 18:00:00.000 -0.32
18/10/2020 08:00:00.000 -0.28
18/10/2020 18:00:00.000 -0.24

```

Figure 2: Fichier de correction du tirant d'eau par la méthode "draught correction"

Cette méthode permet de lisser temporellement les valeurs, de rendre la correction réversible et de conserver l'information dans les métadonnées.

#### 4.1.4 Problèmes rencontrés

Plusieurs anomalies ont été repérées sur ce jeu de données :

Le profil 028 a été corrigé manuellement de -20cm vers le haut.

Les faisceaux extérieurs sont déformés et présentent une forme de « moustache ».

Un effet de tôle ondulée d'une amplitude de 20cm est observé sur l'ensemble du levé. Le problème est atténué avec une correction de cap grâce au module CORATT « ME70Roll » de la boîte à outil.

Une erreur d'alignement en cap du sondeur avec la centrale d'attitude est certainement la principale cause de ces ondulations.

En plus du désalignement du cap sondeur et du cap de la centrale d'attitude, deux autres éléments peuvent être en cause : 1/ l'incertitude sur les mesures de roulis, 2/ la synchronisation des données d'attitude et du sondeur (latence).

Voici la synthèse des différentes corrections appliquées aux données :

Corrections	Maximum appliqué
<b>Marée</b> (uniquement pour « TRAITEMENT1 »)	+/- 25cm
<b>Célérité</b>	+/- 1.7 m/s
<b>Cap</b>	-1°
<b>Roulis</b>	Bâbord +0.14°/ Tribord -0.25°

Tableau 7: Maximum des corrections appliquées

## 4.2 Indice qualité

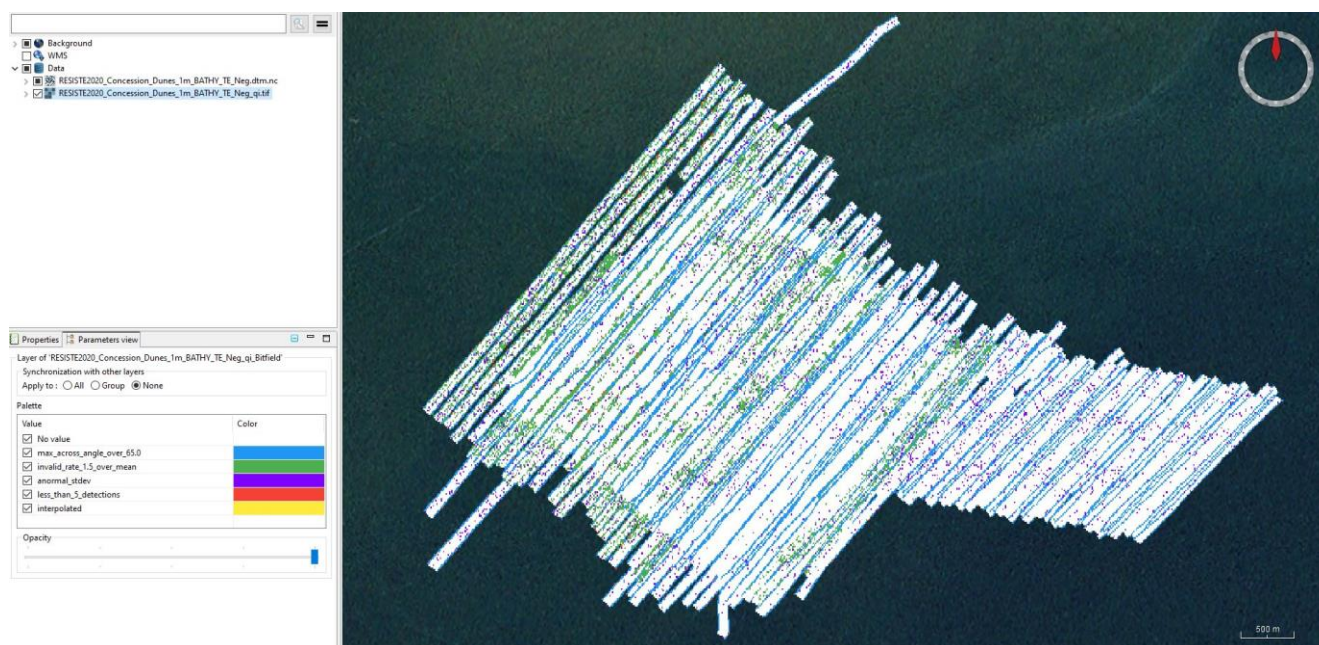
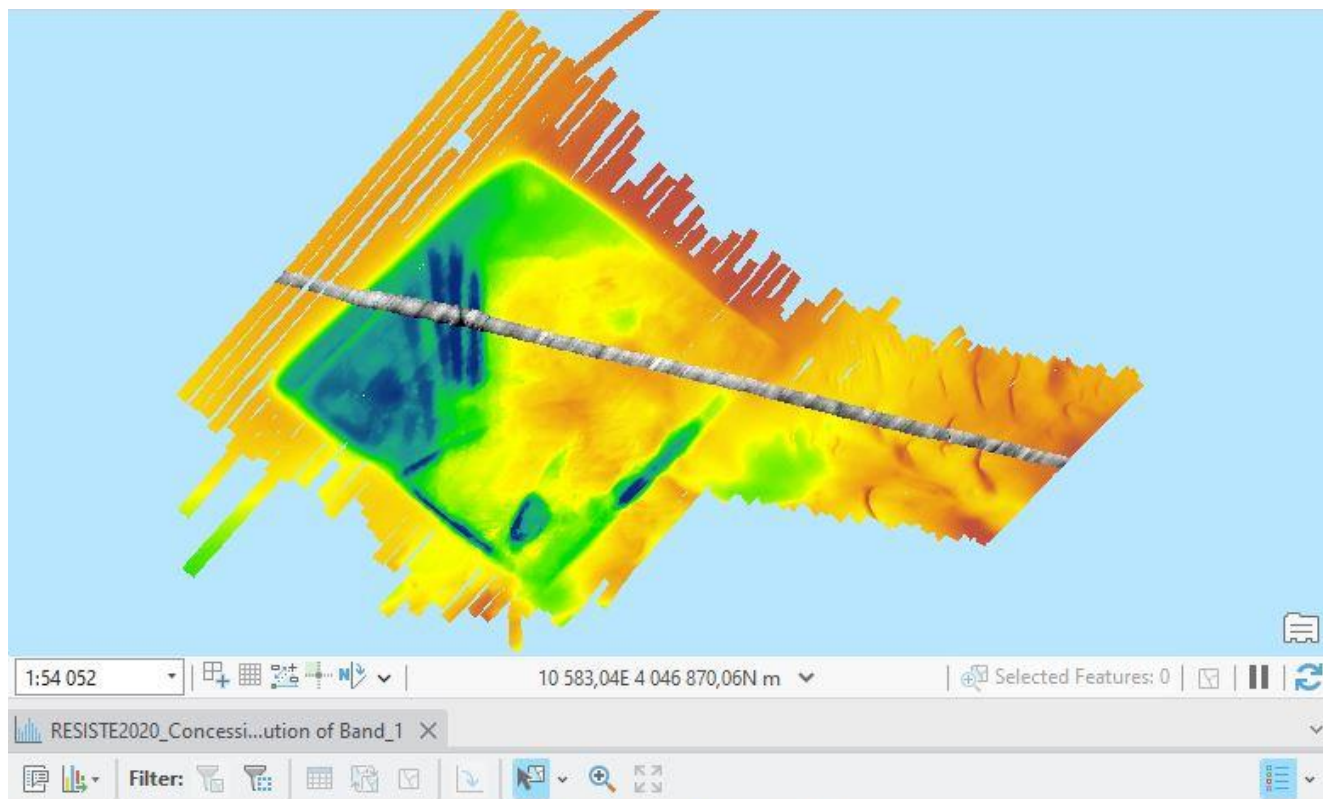


Figure 3: Indice qualité des boîtes "Concession" et "Dunes" de la mission RESISTE2-TH-2020

## 4.3 Incertitude effective de la mesure

Le calcul d'incertitude effective de la mesure a été effectué entre le MNT de la zone d'intérêt et le profil transversier 098.



Distribution of Band\_1

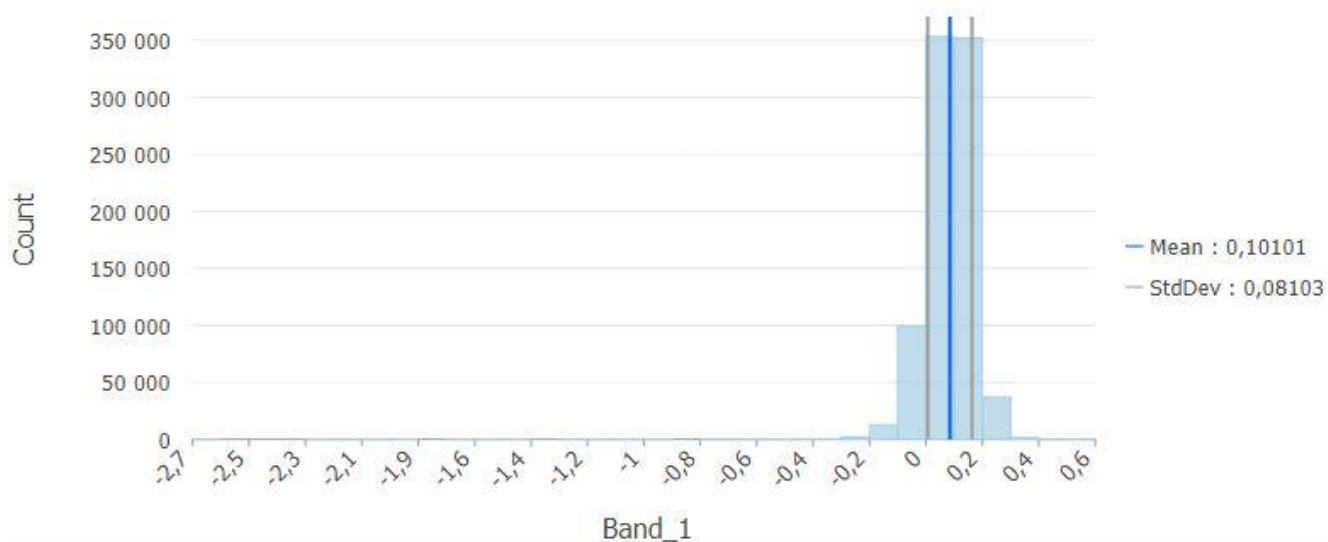


Figure 4: Incertitude effective de la mesure (abscisse en m)



## 4.4 Statistiques

### 4.4.1 Boite « Concession »

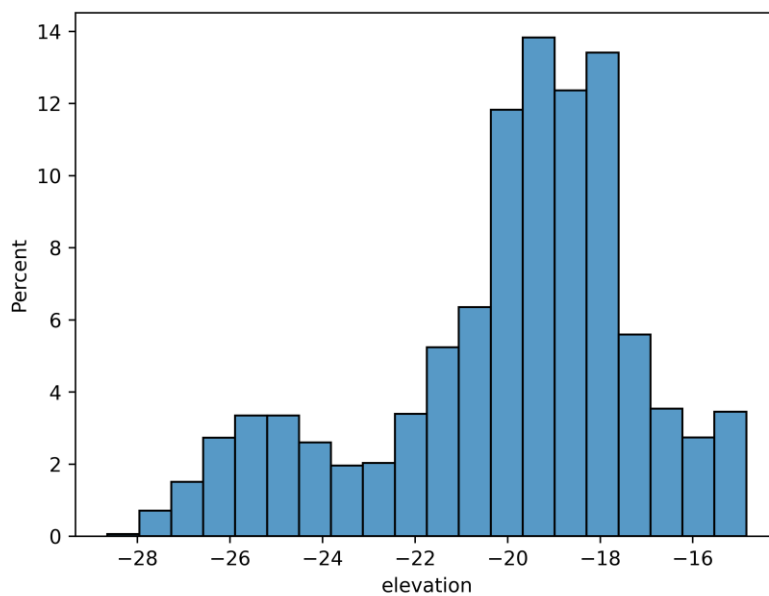


Figure 5: Répartition des profondeurs, boîte "Concession" (abscisse en m)

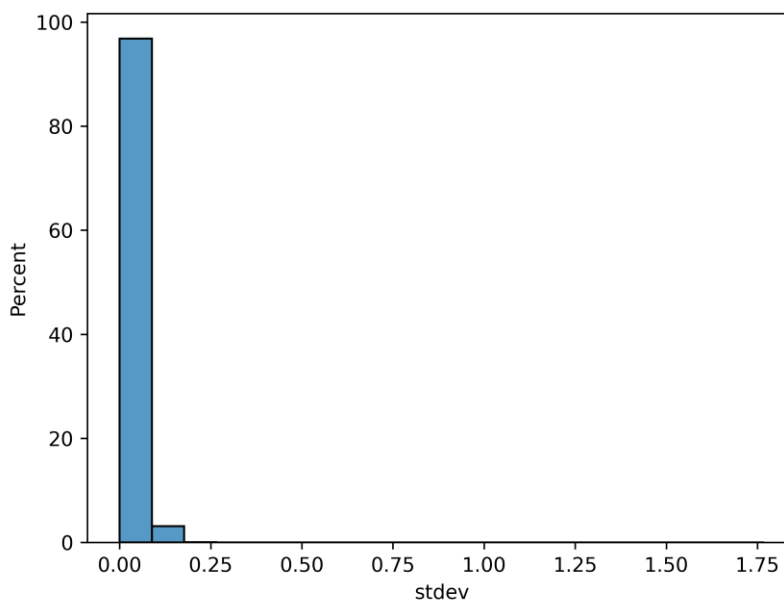


Figure 6: Répartition des écarts-type, boîte "Concession" (abscisse en m)

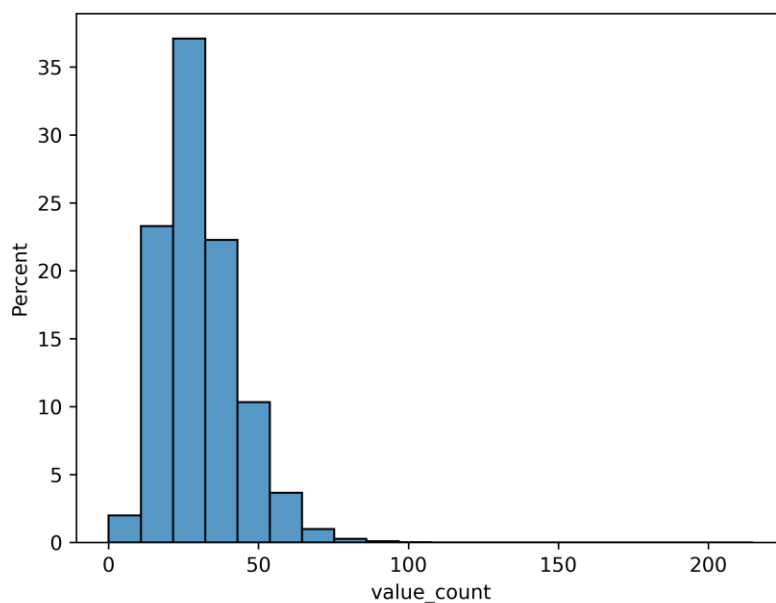


Figure 7: Répartition des sondes par cellule, boîte « Concession »

layer	min	max	mean	median	std	min_confidence_interval	max_confidence_interval	confidence_level_on_interval
elevation	-28,65	14,84	20,01	19,43	2,85			
stdev	0,00	1,77	0,03	0,02	0,02	0,01	0,09	95,00%
value_count	0,00	215,00	30,21	29,00	12,66	11,00	59,00	95,00%

Tableau 8: Statistiques sur différentes couches pour 95% des valeurs, boîte « Concession »

#### 4.4.2 Boite « Dunes »

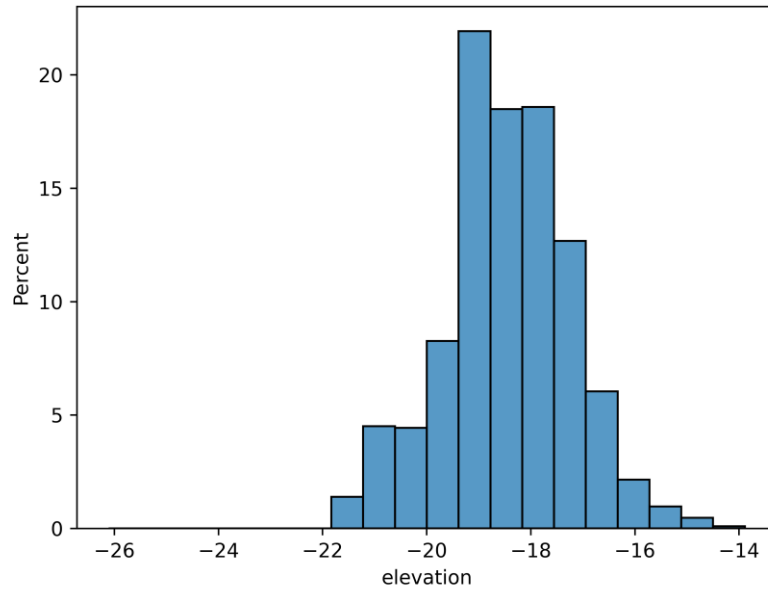


Figure 8: Répartition des profondeurs, boîte "Dunes" (abscisse en m)

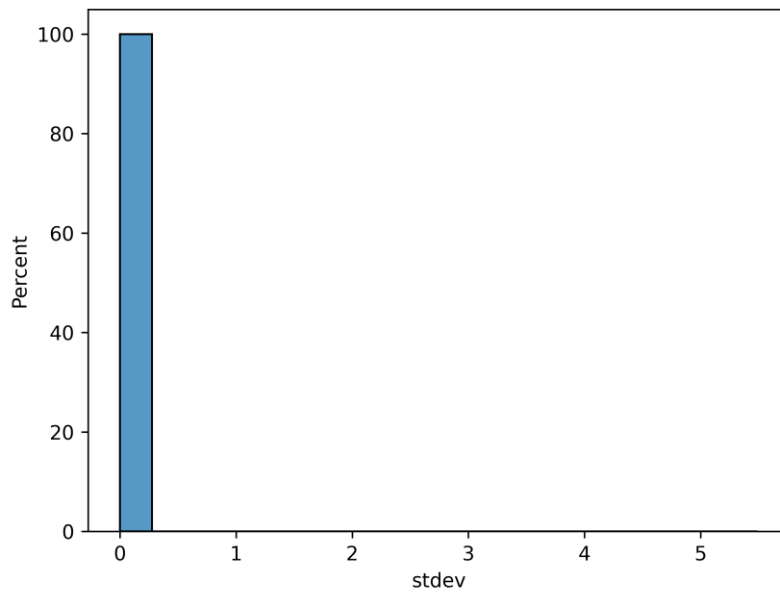


Figure 9: Répartition des écarts type, boîte "Dunes" (abscisse en m)

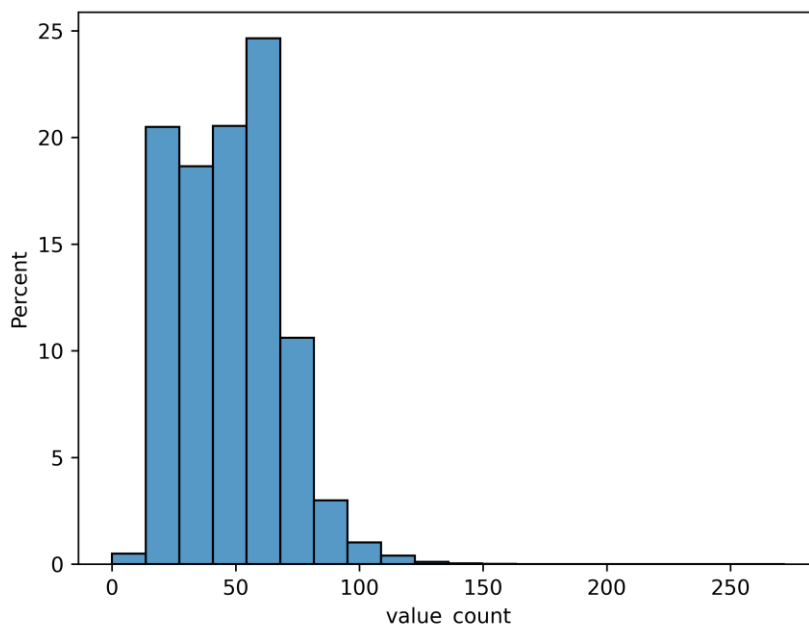


Figure 10: Répartition des sondes par cellule, boîte "Dunes"

layer	min	max	mean	median	std	min_confidence_interval	max_confidence_interval	confidence_level_on_interval
elevation	-26,11	13,89	18,45	18,52	1,22			
stdev	0,00	5,49	0,03	0,02	0,02	0,01	0,09	95,00%
value_count	0,00	272,00	47,82	48,00	20,06	18,00	89,00	95,00%

Tableau 9: Statistiques sur différentes couches pour 95% des valeurs, boîte "Dunes"

#### 4.5 Traitement SMF EM2040 – réflectivité

L'ensemble de l'acquisition a été faite en « shallow » (mode 2). Une seule courbe de compensation a été calculée.

Des zones « d'ondulation » en bordure de fauchée n'ont pas pu être complètement atténuées.

#### 4.6 Traitement sonar latéral KLEIN 3000

La portée est de 75m sur l'ensemble des profils sonar excepté le premier profil régional (.sdf 095) qui était à 100m.

La longueur filée maximum était de 80m.

Le traitement s'est fait en 5 étapes : 1- conversion des fichiers .sdf, 2- sélection des profils par boîte, 3-calcul de la compensation, 4- génération de la mosaïque, 5- export.

Une courbe de compensation a été calculée pour chacune des zones et pour chaque fréquence.

## 5. Mission d'avril 2021 (RESISTE1-2021)

Des informations sur cette campagne sont présentes dans la présentation « \\datawork\datawork-geocean-resiste-traitement-data-s\02\_RESISTE1\_2021\RAPPORT\RESISTE.pptx ».

L'antenne GSM a été remplacée avant la campagne (qui assure la réception des corrections Orpheon).

### 5.1 Traitement SMF EM2040 – bathymétrie

#### 5.1.1 Système de positionnement

Voici les statistiques d'utilisation des différents systèmes de positionnement au cours de la mission :

En sortie du HDS800 n°2 :

[Info] Mode GPS NASY2 (TH\_HDS2) () : naturel : 6.98% (60341/863980)  
[Info] Mode GPS NASY2 (TH\_HDS2) () : différentiel : 4.95% (42764/863980)  
[Info] Mode GPS NASY2 (TH\_HDS2) () : RTK fixe : 70.66% (610494/863980)  
[Info] Mode GPS NASY2 (TH\_HDS2) () : RTK flottant : 17.41% (150381/863980)

En sortie de l'Hydrins :

[Info] Mode GPS NASY3 (TH\_HYDRINS) () : naturel : 11.33% (97851/863959)  
[Info] Mode GPS NASY3 (TH\_HYDRINS) () : différentiel : 18.69% (161476/863959)  
[Info] Mode GPS NASY3 (TH\_HYDRINS) () : RTK fixe : 0.00% (0/863959)  
[Info] Mode GPS NASY3 (TH\_HYDRINS) () : RTK flottant : 69.98% (604632/863959)

#### 5.1.2 Traitement de la marée

Différents traitements de marée ont été effectués :

- « TRAITEMENT1 » : Correction de la marée automatique (fichier harmonique + surcote mesurée au marégraphe de l'Herbaudière) et ajustement de la hauteur d'eau manuelle pour cohérence entre les profils
- « TRAITEMENT2 » : Correction de la marée automatique (fichier harmonique + surcote mesurée au marégraphe de l'Herbaudière)
- « TRAITEMENT3 » : correction de la marée avec les fichiers .ttb issus de Qtinars fournis par GENAVIR uniquement sur les portions de profils acquis en RTK
- « TRAITEMENT4 » : Correction de la marée automatique (fichier harmonique + surcote mesurée au marégraphe de l'Herbaudière) et retraitement fin de la célérité

#### 5.1.3 Tirant d'eau

Les données ont été corrigées d'un tirant d'eau théorique, calculé à partir des quelques données mesurées.

Date		Zeau/pt réf (mesuré)	Biais moyen	Zeau/pt réf (estimé)
30/03/21	Matin	1.228	+0.017	
	Soir		+0.017	1.245
03/04/21	Matin	1.262	+0.001	
	Soir		+0.001	1.263
04/04/21	Matin	1.264	-0.045	
	Soir		-0.045	1.219
08/04/21	Matin	1.174		
	Soir			

Tableau 10: Calcul de l'évolution théorique du tirant d'eau (en m) en fonction du temps

$$\text{Biais moyen} = \frac{\text{mesure jour}_n - \text{mesure jour}_0}{\text{nombre de jours } (n - 0)}$$

$$\text{Zeau / Pt ref (estimé)} = \text{mesure jour}_0 + \text{Biais moyen}$$

#### Note d'Hervé BISQUAY:

Xavier MORIN a repris le calcul de WLZ (cote de la ligne de flottaison p/r au point de référence du navire) à partir des mesures de tirant d'air. Ce nouveau calcul prend correctement en compte le repère choisi par le géomètre. Il y a un décalage de 9 cm par rapport au modèle précédent. **-9 cm** ont donc été ajouté aux valeurs du tableau.

Le système d'acquisition SIS a une valeur WLZ = -1m enregistrée (repère du bateau positif vers le bas).

La correction du tirant d'eau a été faite par la méthode « draught correction » à l'aide des valeurs suivantes :

30/03/2021	08:00:00.000	-0.32
30/03/2021	18:00:00.000	-0.33
03/04/2021	08:00:00.000	-0.35
03/04/2021	18:00:00.000	-0.35
04/04/2021	08:00:00.000	-0.35
04/04/2021	18:00:00.000	-0.31
08/04/2021	08:00:00.000	-0.26
08/04/2021	18:00:00.000	-0.26

Figure 11: Fichier de correction du tirant d'eau par la méthode "draught correction"

#### 5.1.4 Problèmes rencontrés

Le 2 Avril 2021, un problème de célérimètre a été observé. La valeur de salinité provenant du SBE21 est bruitée avec des valeurs aberrantes plus faibles que la réalité, sur une longue période et qui ne sont pas filtrées par SIS.

La longueur du filtre médian est paramétrable dans SIS (il a été laissé par la suite sur 60sec).



Figure 12: Illustration des problèmes de célérimètre

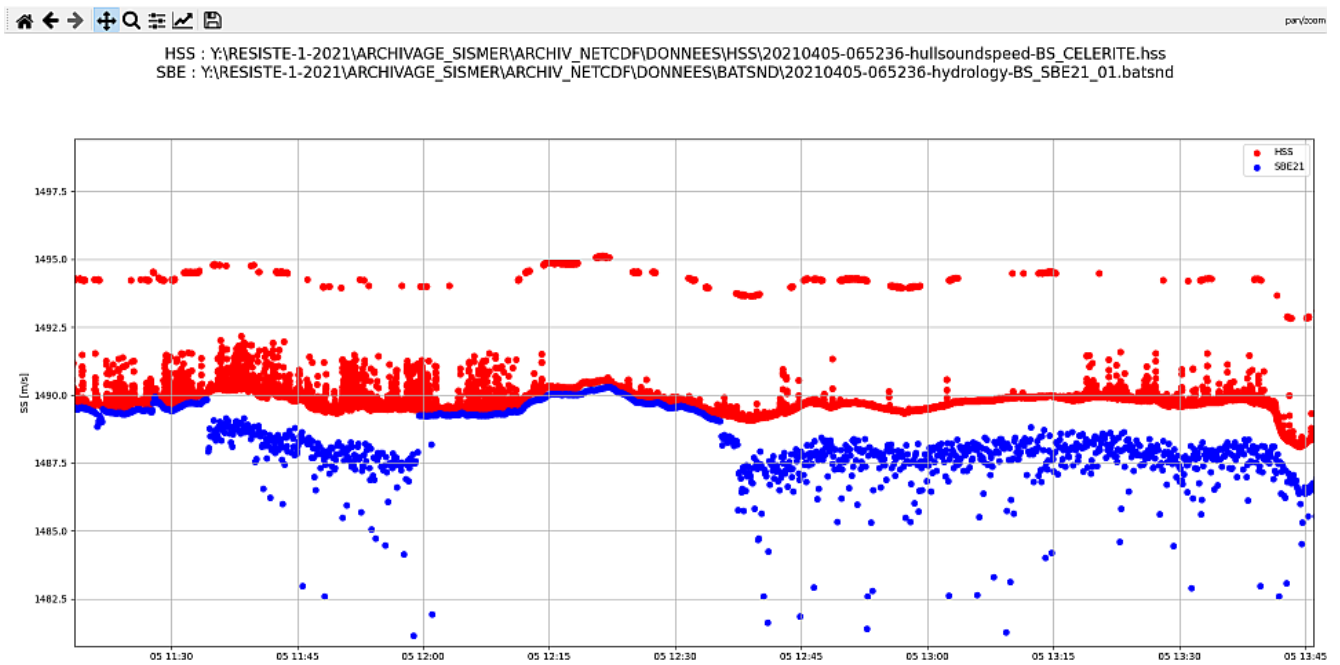


Figure 13: Valeurs du célérimètre SBE21 aberrantes

Le problème a été corrigé avec un script rédigé par Arnaud.

Un nettoyage du thermosalinomètre a été effectué sur Brest après la mission. Le couple thermo SBE21 + sonde SBE3s a été changé le mardi 4 Mai. Le filtre de la pompe eau de mer a également été nettoyé par le service machine.

### Note d'Hervé BISQUAY:

Le célérimètre est plus bruité que le thermosalinomètre et présente un offset par rapport au thermosalinomètre de +0.2m/s. Il faut donc privilégier la célérité du thermosalinomètre et essayer de contrôler régulièrement les valeurs (comparaison avec le célérimètre - l'offset ne doit pas varier).

Certains profils ont dû subir un offset vertical (en positif ou négatif) pour assurer une cohérence avec les autres levés.

La correction de célérité a atteint jusqu'à 2,5m/s.

## 5.2 Indice qualité

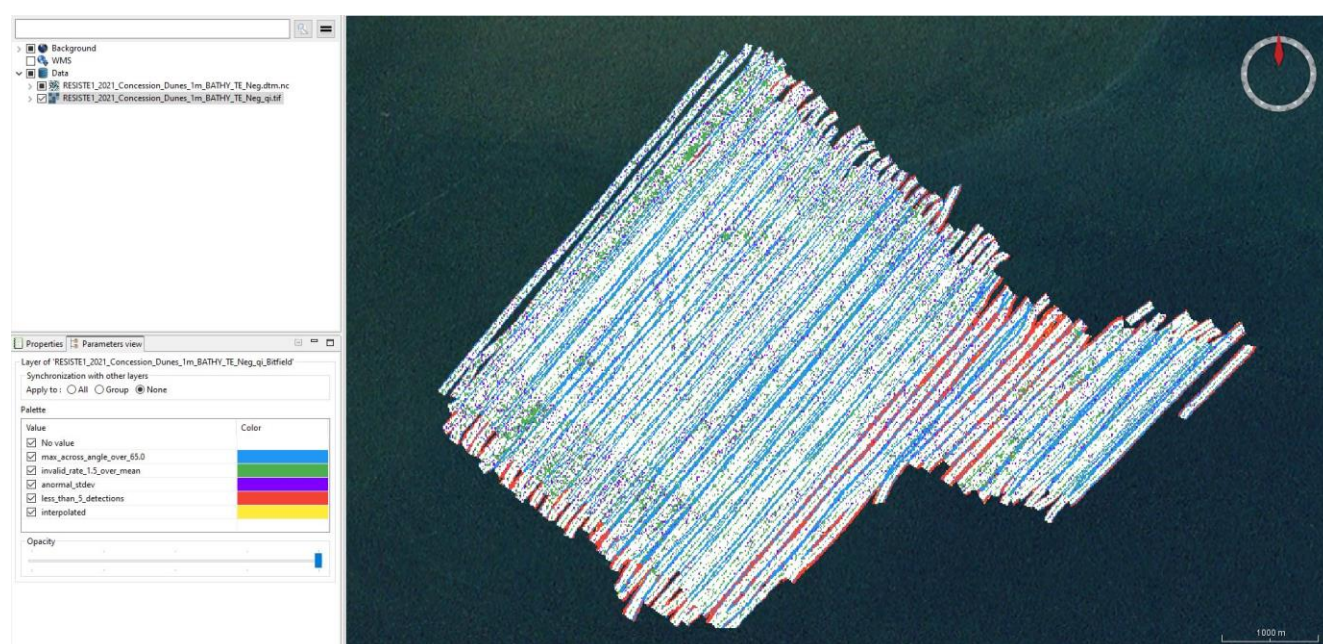
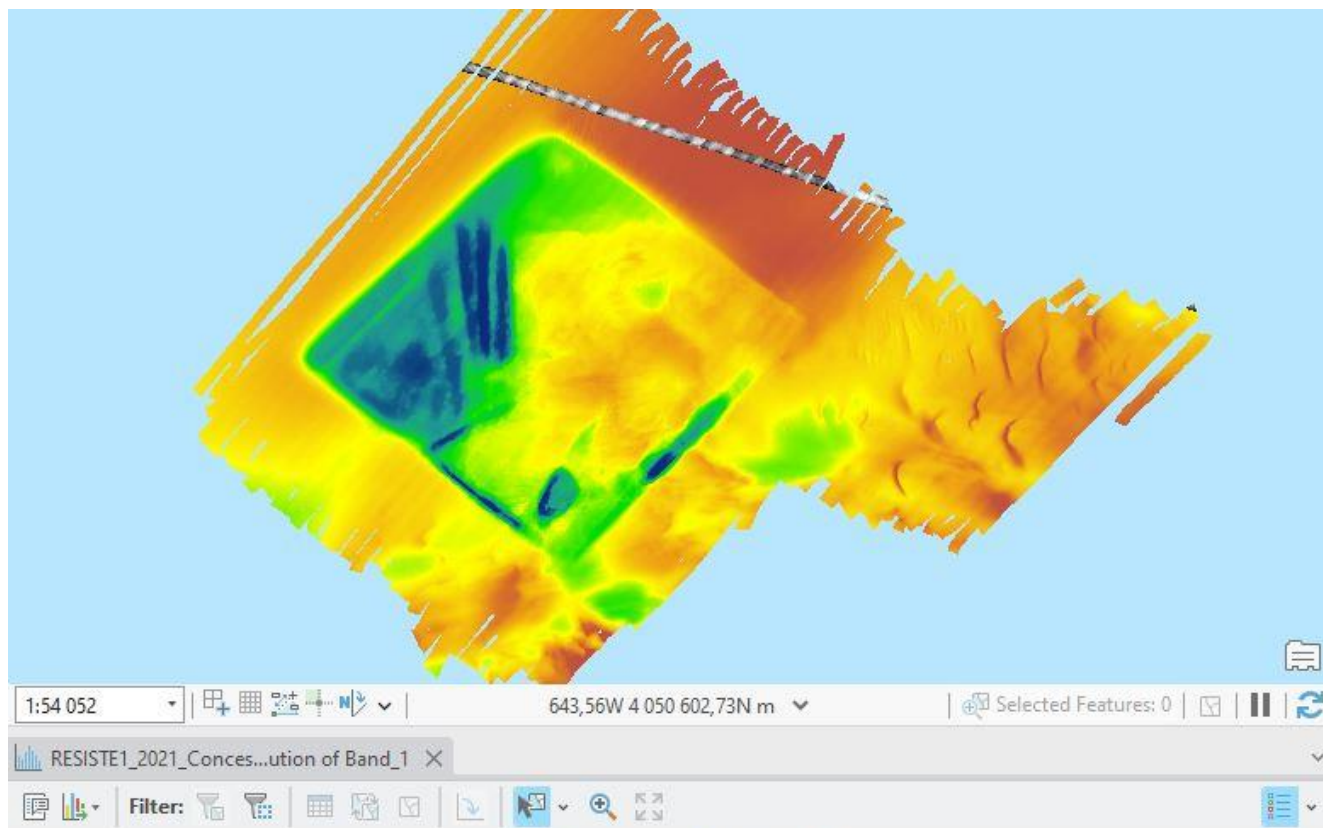


Figure 14: Indice qualité sur les boîtes "Concession" et "Dunes" de la mission RESISTE1\_2021

## 5.3 Incertitude effective de la mesure

Le calcul d'incertitude effective de la mesure a été effectué entre le MNT de la zone d'intérêt et le profil traversier 116.





Distribution of Band\_1

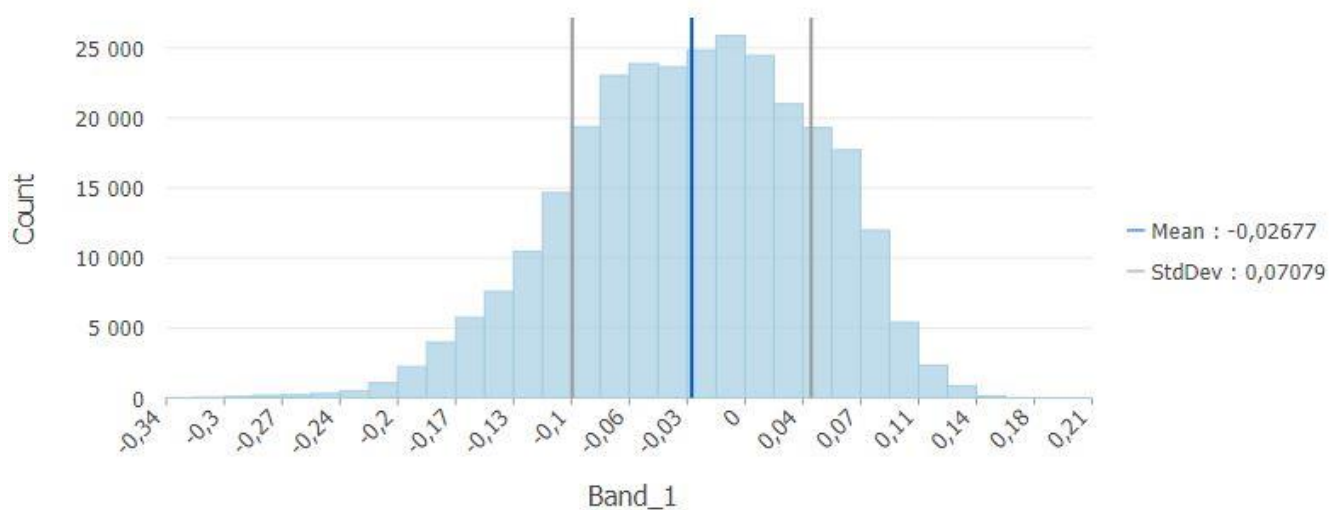


Figure 15: Incertitude effective de la mesure (abscisse en m)

## 5.4 Statistiques

### 5.4.1 Boite « Concession »

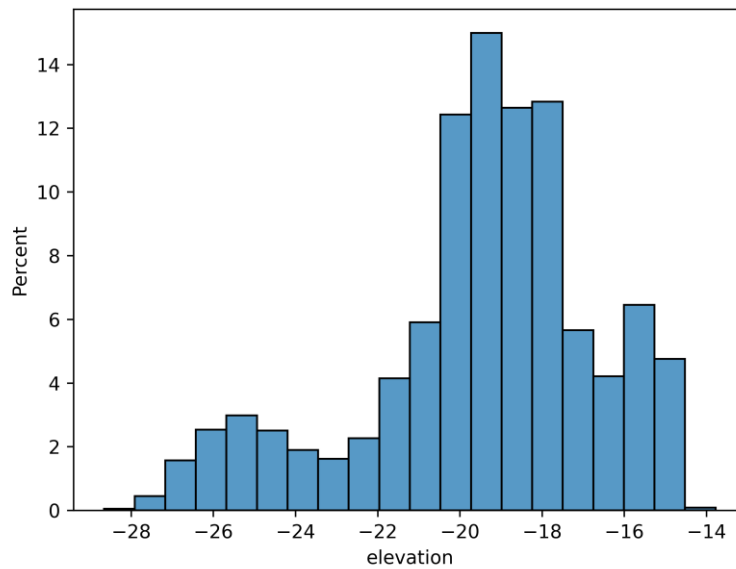


Figure 16: Répartition des profondeurs, boîte "Concession" (abscisse en m)

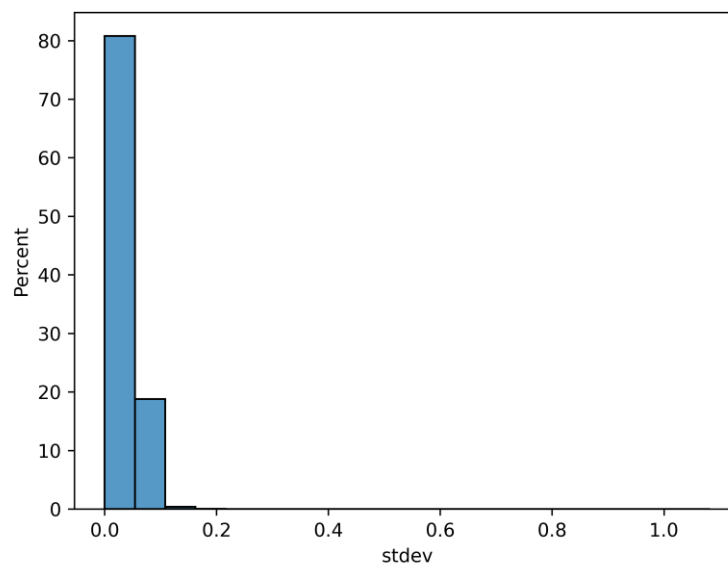


Figure 17: Répartition des écarts type, boîte "Concession" (abscisse en m)

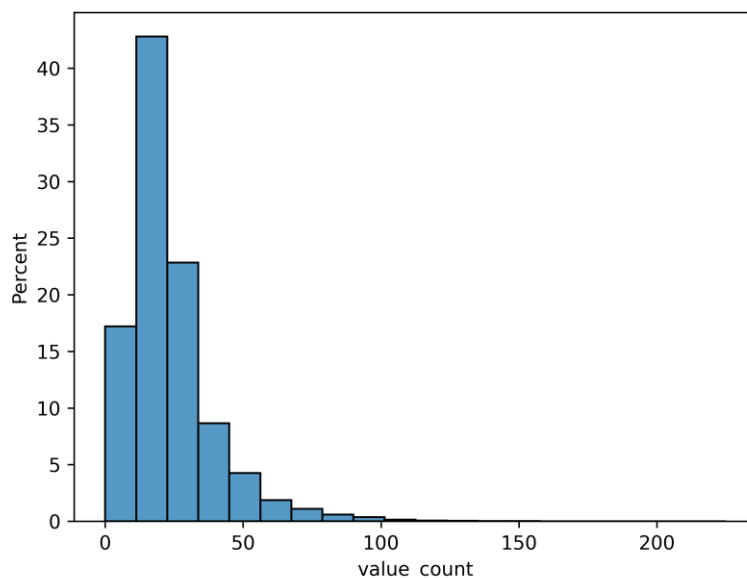


Figure 18: Répartition des sondes par cellule, boîte "Concession"

layer	min	max	mean	median	std	min_confidence_interval	max_confidence_interval	confidence_level_on_interval
elevation	-28,66	13,77	19,48	19,14	2,85			
stdev	0,00	1,08	0,04	0,03	0,02	0,01	0,09	95,00%
value_count	0,00	225,00	23,34	20,00	15,64	4,00	67,00	95,00%

Tableau 11: Statistiques sur différentes couches pour 95% des valeurs, boîte "Concession"

### 5.4.2 Boite « Dunes »

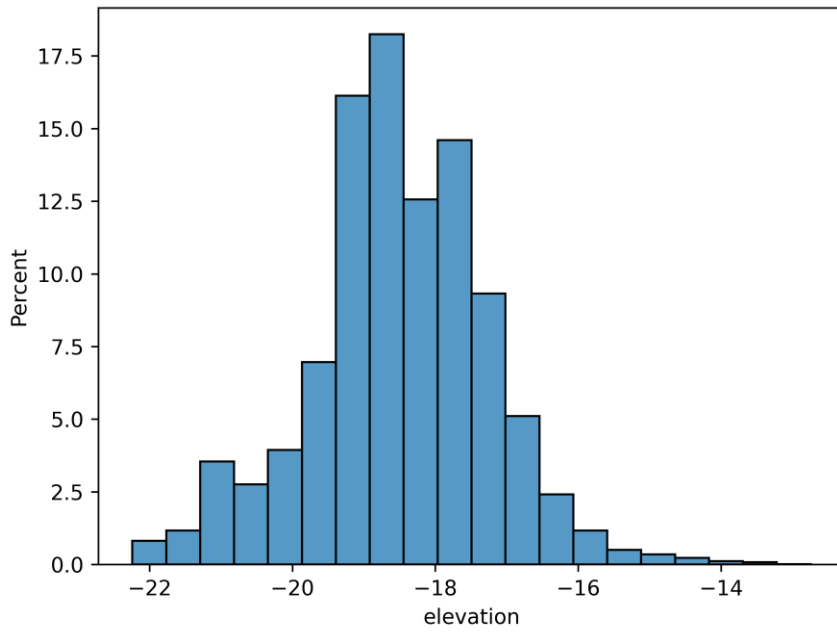


Figure 19: Répartition des profondeurs, boîte "Dunes" (abscisse en m)

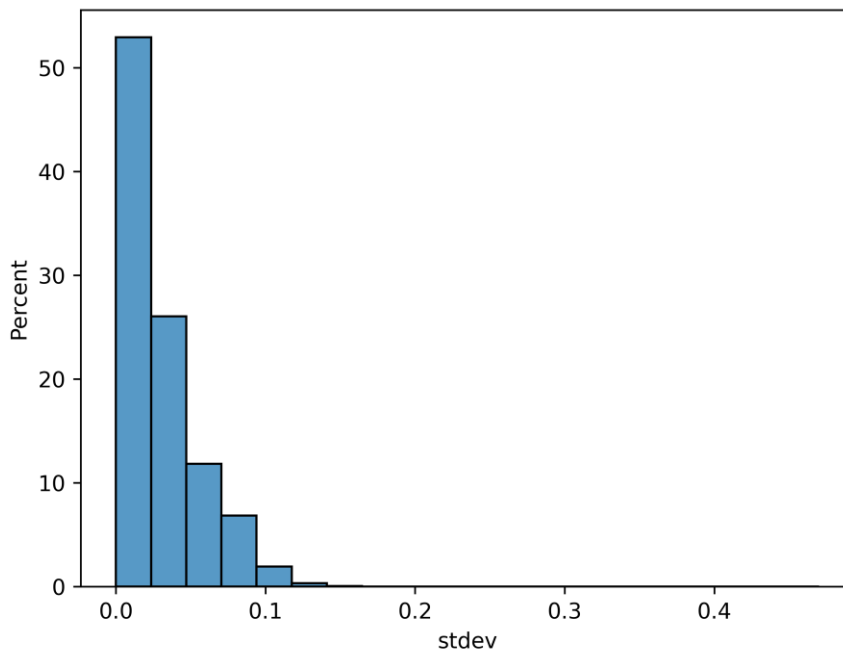


Figure 20: Répartition des écarts type, boîte "Dunes" (abscisse en m)

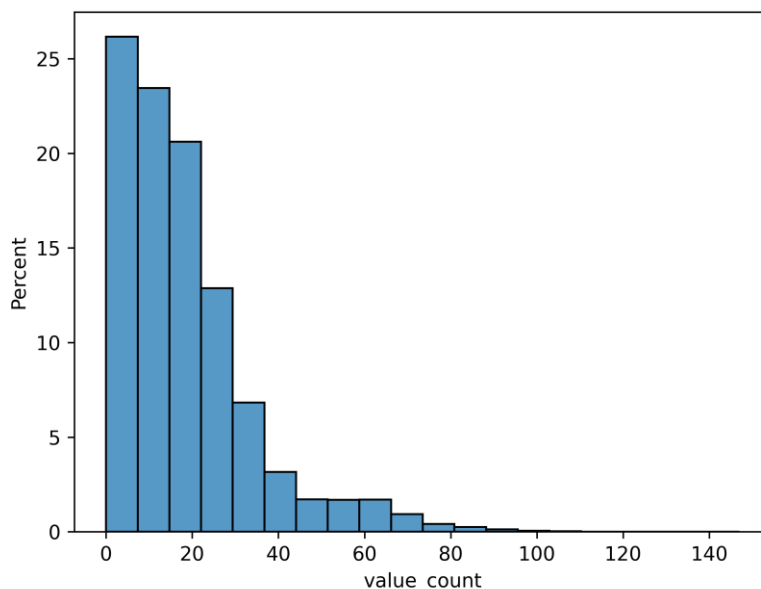


Figure 21: Répartition des sondes, boîte "Dunes"

layer	min	max	mean	median	std	min_confidence_interval	max_confidence_interval	confidence_level_on_interval
elevation	-22,24	12,74	18,51	18,56	1,26			
stdev	0,00	0,47	0,03	0,02	0,02	0,00	0,09	95,00%
value_count	0,00	147,00	18,51	15,00	15,31	2,00	63,00	95,00%

Tableau 12: Statistiques sur différentes couches pour 95% des valeurs, boîte "Dunes"

### 5.5 Traitement SMF EM2040 – réflectivité

L'ensemble de l'acquisition a été faite en « shallow » (mode 2). Une seule courbe de compensation a été calculée.

### 5.6 Traitement sonar latéral KLEIN 3000

La longueur filée n'a pas été enregistrée dans les fichiers .sdf.

Certains fichiers ont des problèmes de « fish heading » et des valeurs de « lat/lon » très bruitées notamment sur la boîte « Dunes ». Y a-t-il eu un changement de poisson la journée du 2 Avril ?

Le traitement s'est fait en 5 étapes : 1- conversion des fichiers .sdf, 2- sélection des profils par boîte, 3-calcul de la compensation, 4- génération de la mosaïque, 5- export.

Une courbe de compensation a été calculée pour chacune des zones à 200KHz et une seule courbe de compensation a été calculée pour les boîtes « Dunes » et « Concession » à 400kHz.

## 6. Mission de novembre 2021 (RESISTE2-2021)

Toutes les informations concernant cette campagne sont consignées dans le rapport « \\datawork\datawork-geocean-resiste-traitement-data-s\03\_RESISTE2\_2021\20211203\_FB01\_RESISTE-2\_2021\_Traitement\_bord\_SMF\_SONAR.docx ».

### 6.1 Traitement SMF EM2040 – bathymétrie

#### 6.1.1 Système de positionnement

Voici les statistiques d'utilisation des différents systèmes de positionnement :

En sortie de l'HDS800 n°2 :

[Info] Mode GPS NASY2 (TH\_HDS2) () : naturel : 0.00% (0/863198)  
[Info] Mode GPS NASY2 (TH\_HDS2) () : différentiel : 1.35% (11670/863198)  
[Info] Mode GPS NASY2 (TH\_HDS2) () : RTK fixe : 89.48% (772370/863198)  
[Info] Mode GPS NASY2 (TH\_HDS2) () : RTK flottant : 9.17% (79158/863198)

En sortie de l'Hydrins :

[Info] Mode GPS NASY3 (TH\_HYDRINS) () : naturel : 0.00% (0/863171)  
[Info] Mode GPS NASY3 (TH\_HYDRINS) () : différentiel : 3.34% (28815/863171)  
[Info] Mode GPS NASY3 (TH\_HYDRINS) () : RTK fixe : 91.02% (785682/863171)  
[Info] Mode GPS NASY3 (TH\_HYDRINS) () : RTK flottant : 5.64% (48674/863171)

Jusqu'au 18 Novembre 8h00, c'est la navigation de l'HDS800 n° 1 en mode différentiel (NASY1) qui était diffusée à l'EM2040 au lieu de l'Hydrins en mode RTK fixe (NASY3).

#### Note d'Hervé BISQUAY:

Je ne sais pas pour quelle raison l'Hydrins dégradait la qualité GPS lors de RESISTE1-2021, et pas lors de RESISTE2-2021 ? Pour les deux missions, c'était la même Hydrins : SN371 avec les mêmes versions logicielles.

⇒ Cela confirme le choix de traiter la marée avec les fichiers d'harmonique + la surcote mesurée au marégraphe le plus proche pour toutes les campagnes du projet.

#### 6.1.2 Traitement de la marée

Un seul traitement de la marée a été effectué pour cette mission:

- « TRAITEMENT1 » : Correction de la marée automatique (fichier harmonique + surcote mesurée au marégraphe de l'Herbaudière)

#### 6.1.3 Tirant d'eau

Les mesures de tirant d'eau n'ont pas été effectuées lors de cette mission.

Le système d'acquisition SIS a une valeur WLZ = -1m enregistrée (repère du bateau positif vers le bas).

Si l'on se réfère aux valeurs de tirant d'eau appliquées aux deux précédents levés, la moyenne est de -30cm. Pour rester le plus cohérent possible dans nos traitements, il a été choisi d'appliquer -30cm aux données de cette campagne.

```
13/11/2021 08:00:00.000 -0.30
21/11/2021 18:00:00.000 -0.30
```

Figure 22: Fichier de correction du tirant d'eau par la méthode "draught correction"

#### 6.1.4 Problèmes rencontrés

Un effet de tôle ondulée est observé sur l'ensemble du levé comme pour RESISTE2-TH-2020. Le problème est atténué avec une correction de cap de  $-1^\circ$  grâce au module CORATT « ME70Roll » de la boîte à outil.

Un biais de roulis a été appliqué sur 3 profils de la boîte « Concession »

Quelques corrections de célérité ont été appliqué jusqu'à 1,5m/s.

## 6.2 Indice qualité

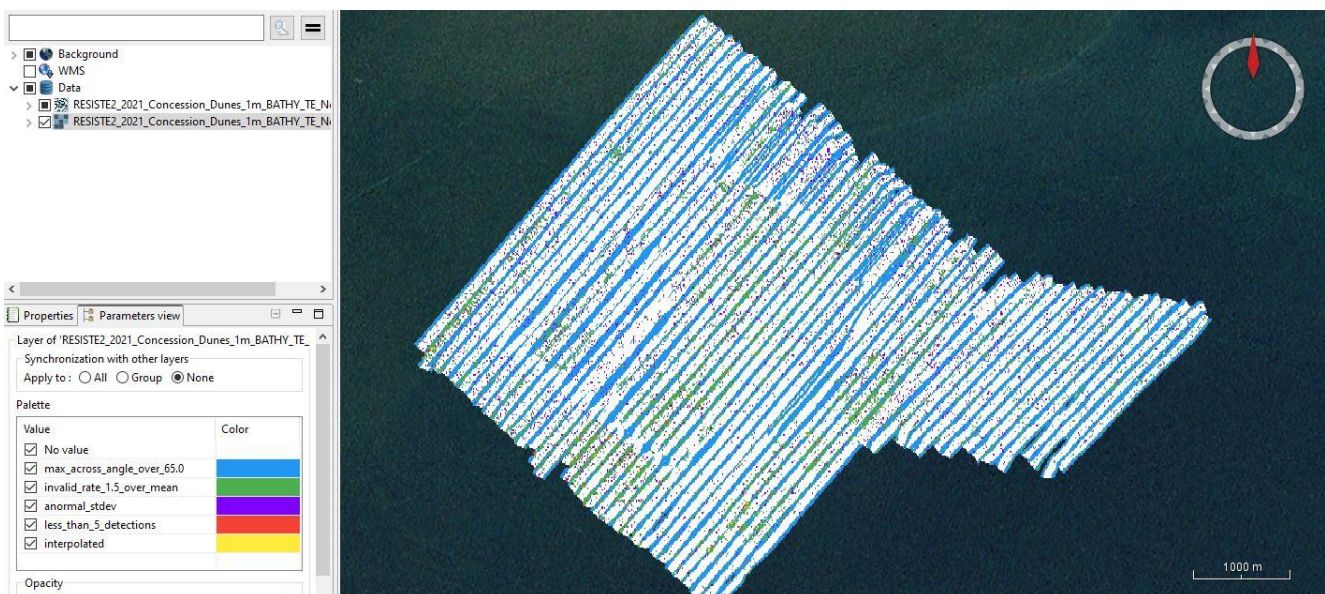


Figure 23: Indice qualité des boîtes "Concession" et "Dunes" de la mission RESISTE2-2021

## 6.3 Incertitude effective de la mesure

Le calcul d'incertitude effective de la mesure a été calculée entre le MNT de la zone d'intérêt et le profil traversier 103.

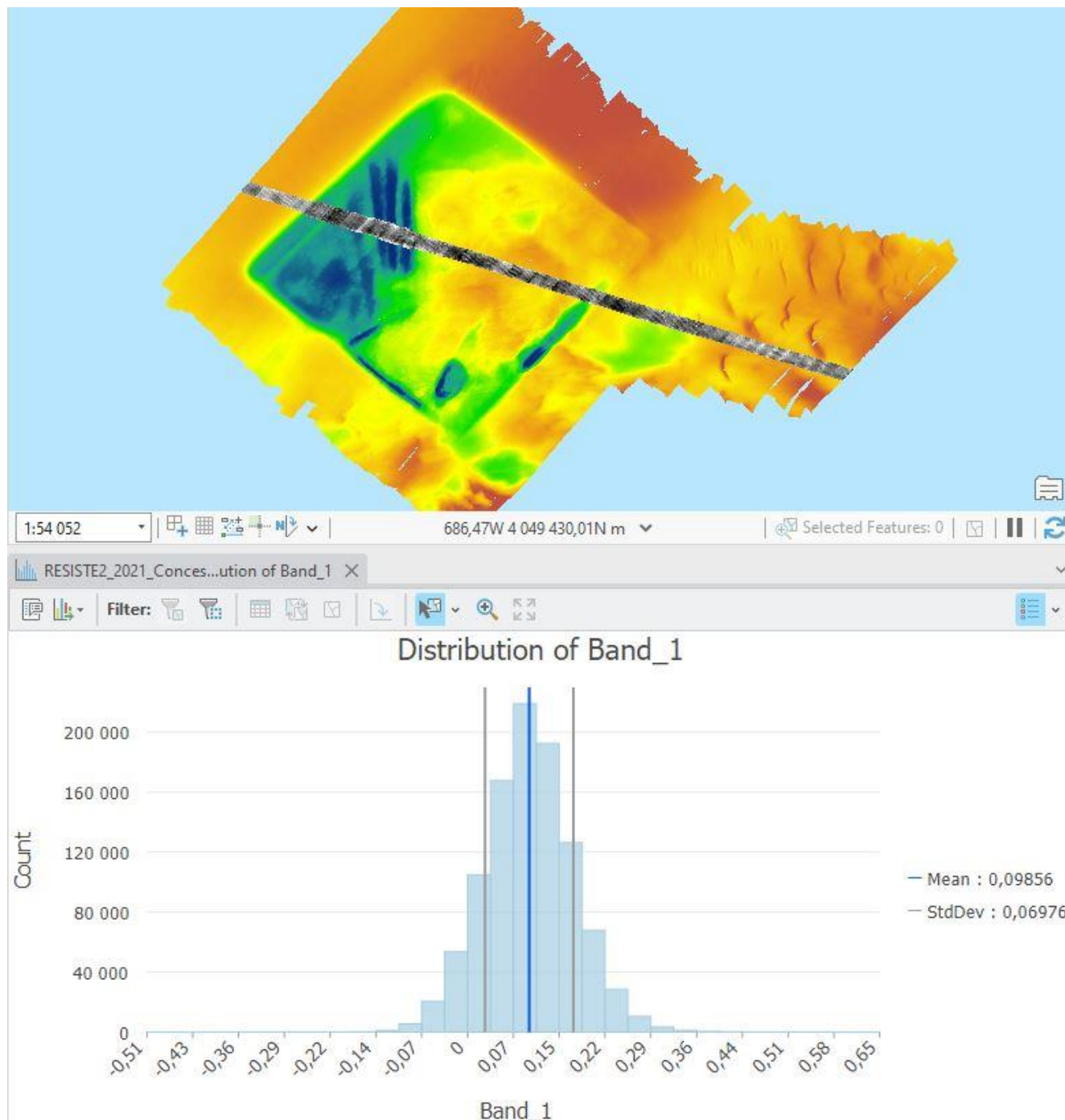


Figure 24: Incertitude effective de la mesure (abscisse en m)



## 6.4 Statistiques

### 6.4.1 Boite « Concession »

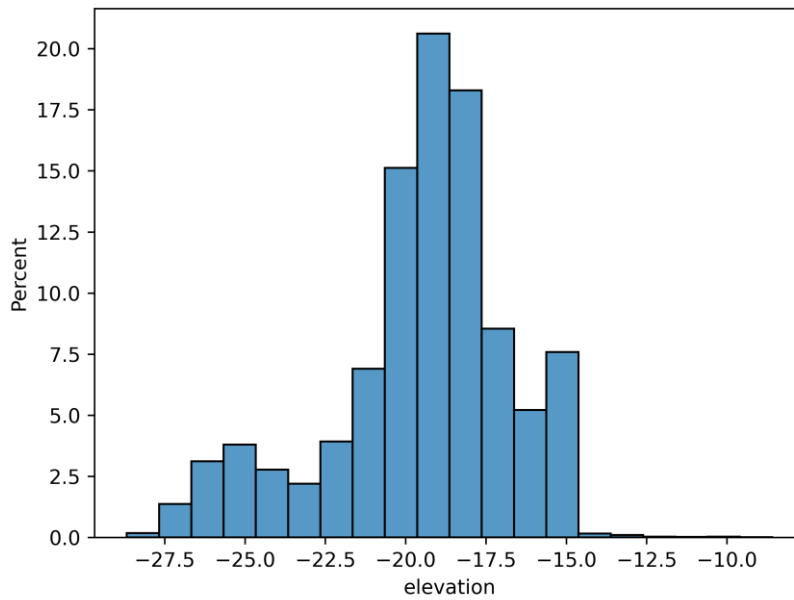


Figure 25: Répartition des profondeurs, boîte "Concession" (abscisse en m)

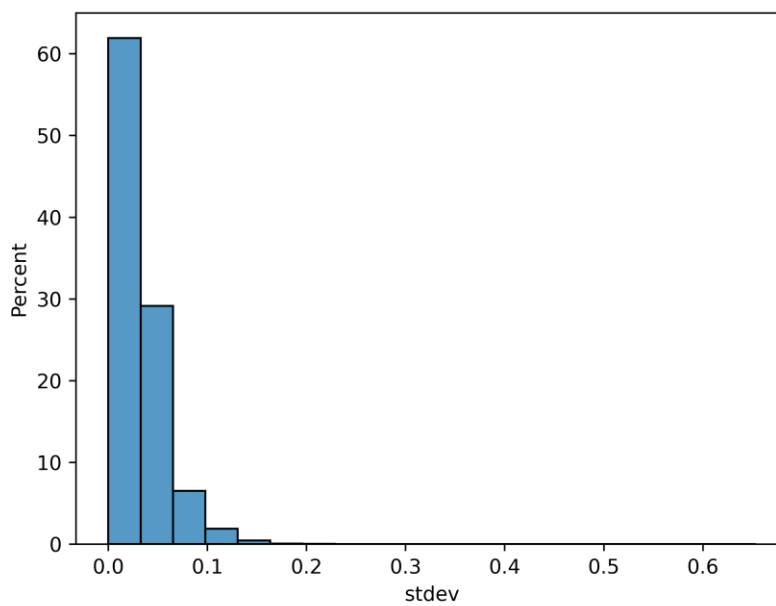


Figure 26: Répartition des écarts type, boîte "Concession" (abscisse en m)

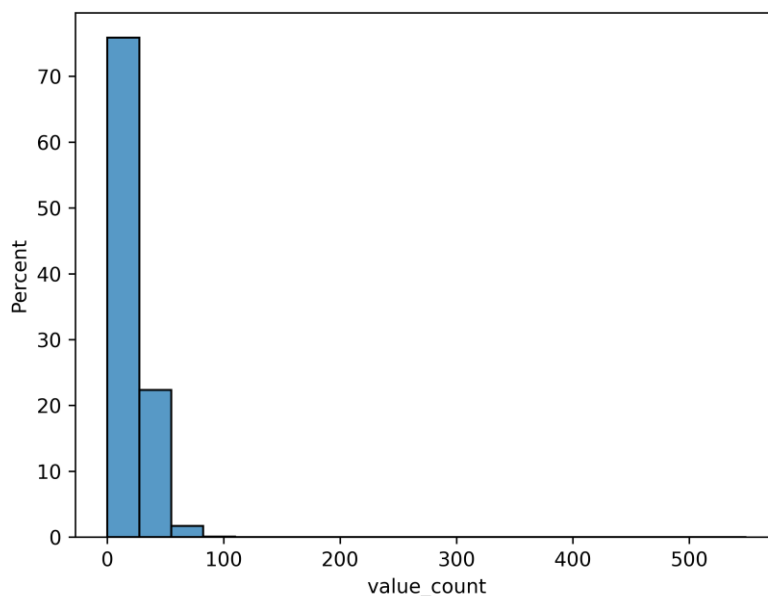


Figure 27: Répartition des sondes par cellule, boîte "Concession"

layer	min	max	mean	median	std	min_confidence_interval	max_confidence_interval	confidence_level_on_interval
elevation	-28,68	8,59	19,50	19,10	2,82			
stdev	0,00	0,65	0,03	0,03	0,02	0,01	0,10	95,00%
value_count	0,00	549,00	22,01	18,00	11,58	9,00	51,00	95,00%

Tableau 13: Statistiques sur différentes couches pour 95% des valeurs, boîte "Concession"

### 6.4.2 Boite « Dunes »

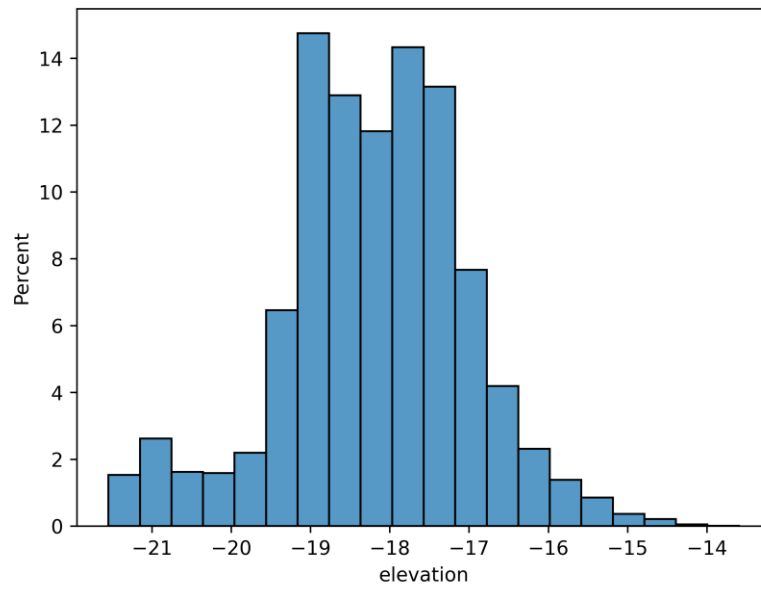


Figure 28: Répartition des profondeurs, boîte "Dunes" (abscisse en m)

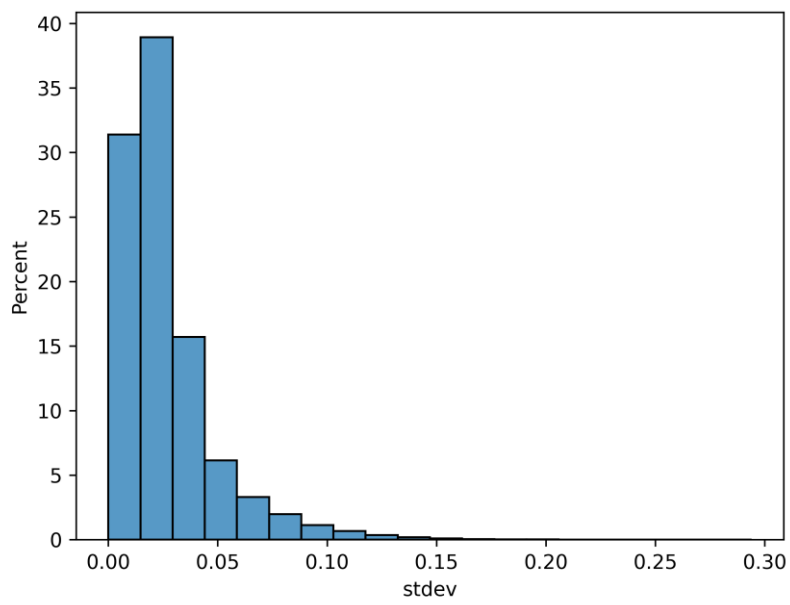


Figure 29: Répartition des écarts type, boîte "Dunes" (abscisse en m)

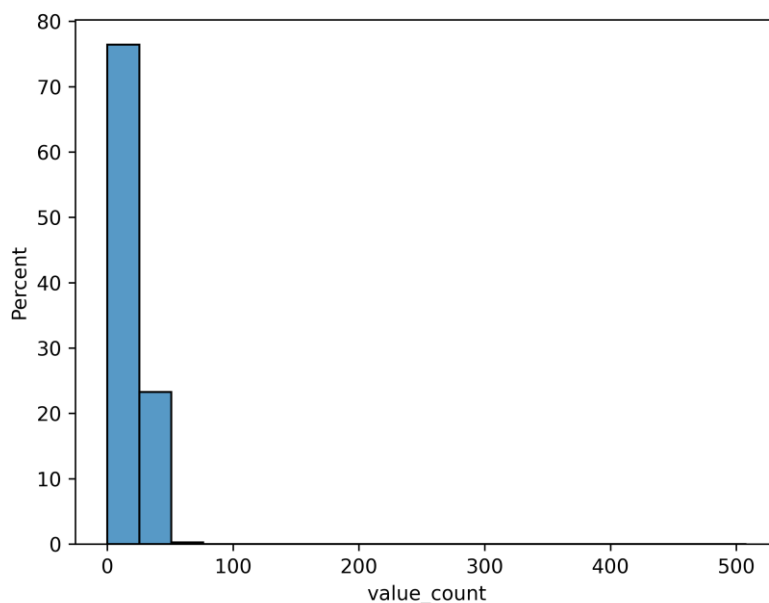


Figure 30: Répartition des sondes par cellule, boîte "Dunes"

layer	min	max	mean	median	std	min_confidence_interval	max_confidence_interval	confidence_level_on_interval
elevation	-21,55	13,59	18,20	18,15	1,18			
stdev	0,00	0,29	0,03	0,02	0,02	0,01	0,09	95,00%
value_count	0,00	508,00	20,53	18,00	8,20	10,00	41,00	95,00%

Tableau 14: Statistiques sur différentes couches pour 95% des valeurs

### 6.5 Traitement SMF EM2040 – réflectivité

L'ensemble de l'acquisition a été faite en « shallow » (mode 2). Une seule courbe de compensation a été calculée sur le fichier 012.

### 6.6 Traitement sonar latéral KLEIN 3000

Il n'y a pas eu d'enregistrement de « lat/lon » sur tous les fichiers du premier leg (du .sdf 001 au 056\_3). La récupération de la position bateau + la longueur filée a permis de positionner les données. Distance entre la poulie et l'antenne GPS = +13.7m.

Le traitement s'est fait en 5 étapes : 1- conversion des fichiers .sdf, 2- sélection des profils par boîte, 3-calcul de la compensation, 4- génération de la mosaïque, 5- export.

Une seule courbe de compensation est calculée par fréquence.

## 7. Mission d'avril 2022 (RESISTE1-2022)

Cette mission a été en grande partie traitée par Lucie TREBAOL, étudiante d'Intechmer. Se référer à ses deux rapports pour plus de détail : « \\datawork\datawork-geocean-resiste-traitement-data-s\04\_RESISTE1\_2022\RAPPORT\_TRAITEMENT\_RESISTE22-1.docx et Rapport-final\_TREBAOL-Lucie.docx ».

Date	Travaux/ Outils	Zone de travail	Profils
30 mars	SMF + sonar	Concession	1 à 18
31 mars	SMF + sonar	Dunes	19 à 33
1 <sup>er</sup> avril	SMF + sonar	Pr régionaux	34 à 49
2 avril	SMF + sonar	Concession	50 à 65
5 avril	SMF + sonar	Concession	Inter-profils 1-7
6 avril	SMF+ sonar	Concession + Pr régionaux	Inter-profils 10-16 66 à 69

Tableau 15: Répartition des outils, des zones de travail et des profils

### 7.1 Traitement SMF EM2040 – bathymétrie

#### 7.1.1 Système de positionnement

Le système GPS RTK a fonctionné de manière continue tout au long de la campagne. En conséquence, les équipes Genavir ont pu exploiter les données et fournir des fichiers de correction journaliers pour la hauteur d'eau (marée + tirant d'eau) relativement au zéro hydrographique.

#### 7.1.2 Traitement de la marée

Néanmoins, par similarité aux campagnes précédentes du projet RESISTE, le traitement des données bathymétriques a été réalisé en appliquant une correction de marée qui combine le modèle harmonique du Shom et la surcote mesurée au marégraphe du port de l'Herbaudière.

#### 7.1.3 Tirant d'eau

Les données ont été corrigé d'un tirant d'eau théorique, calculé à partir des quelques données mesurées.

Date		Zeau/pt réf (mesuré)	Biais moyen	Zeau/pt réf (estimé)	Zeau/pt réf (moyen)
29/03/22	Matin	1.272	-0.022		1.262
	Soir	En mer	-0.022	1.251	
30/03/22	Matin	En mer	-0.022	1.229	1.218
	Soir	En mer	-0.022	1.207	
31/03/22	Matin	En mer	-0.022	1.186	1.175
	Soir	En mer	-0.022	1.164	
01/04/22	Matin	En mer	-0.022	1.142	1.131
	Soir	En mer	-0.022	1.121	
02/04/22	Matin	En mer	-0.022	1.099	1.088
	Soir	En mer	-0.022	1.077	

03/04/22	Matin	1.056			
	Soir	1.252			
04/04/22	Matin	1.236	-0.022		1.225
	Soir	En mer	-0.022	1.214	
05/04/22	Matin	En mer	-0.022	1.192	1.181
	Soir	En mer	-0.022	1.170	
06/04/22	Matin	En mer	-0.022	1.148	1.137
	Soir	1.126			

Tableau 16: Calcul de l'évolution théorique du tirant d'eau (en m) en fonction du temps

$$\text{Biais moyen} = \frac{\text{mesure jour}_n - \text{mesure jour}_0}{\text{nombre de jours } (n - 0)}$$

$$\text{Zeau / Pt ref (estimé)} = \text{mesure jour}_0 + \text{Biais moyen}$$

$$\text{Zeau / Pt ref (moyens)} = \text{moyenne (tirant d'eau matin + tirant d'eau après - midi)}$$

La correction du tirant d'eau a été faite par la méthode d'un biais vertical (platform\_vertical\_offset) avec une correction constante par jour.

```

biasCorrection
date;velocityCorrection(m/s);heading(°);roll(°);pitch(°);platform_vertical_offset(m);time(ms)
30/03/2022 16:57:49.049;NaN;NaN;NaN;NaN;0.218;NaN
31/03/2022 16:57:49.049;NaN;NaN;NaN;NaN;0.175;NaN
01/04/2022 16:57:49.049;NaN;NaN;NaN;NaN;0.131;NaN
02/04/2022 16:57:49.049;NaN;NaN;NaN;NaN;0.088;NaN
04/04/2022 16:57:49.049;NaN;NaN;NaN;NaN;0.225;NaN
05/04/2022 16:57:49.049;NaN;NaN;NaN;NaN;0.181;NaN
06/04/2022 16:57:49.049;NaN;NaN;NaN;NaN;0.137;NaN

```

Figure 31: Fichier de correction du tirant d'eau par la méthode "biais vertical"

#### Note d'Hervé BISQUAY:

Xavier MORIN a repris le calcul de WLZ (cote de la ligne de flottaison p/r au point de référence du navire) à partir des mesures de tirant d'air. Ce nouveau calcul prend correctement en compte le repère choisi par le géomètre. Il y a un décalage de 9 cm par rapport au modèle précédent. **-9 cm** ont donc été ajouté aux valeurs du tableau.

Le système d'acquisition SIS a une valeur WLZ = -1m enregistrée (repère du bateau positif vers le bas).

```

30/03/2022 08:00:00.000 -0.09
31/03/2022 08:00:00.000 -0.09
01/04/2022 08:00:00.000 -0.09
02/04/2022 08:00:00.000 -0.09
04/04/2022 08:00:00.000 -0.09
05/04/2022 08:00:00.000 -0.09
06/04/2022 08:00:00.000 -0.09

```

Figure 32: Fichier de correction du tirant d'eau par la méthode "draught correction"

#### 7.1.4 Problèmes rencontrés

Un biais de roulis de -0.04° a été observé sur cette campagne.

Lors du traitement des données bathymétriques dans le Swath Editor, on peut observer des situations d'artéfacts. L'observation se traduit par des « spots » d'écart type dans les zones de recouvrement entre profils.

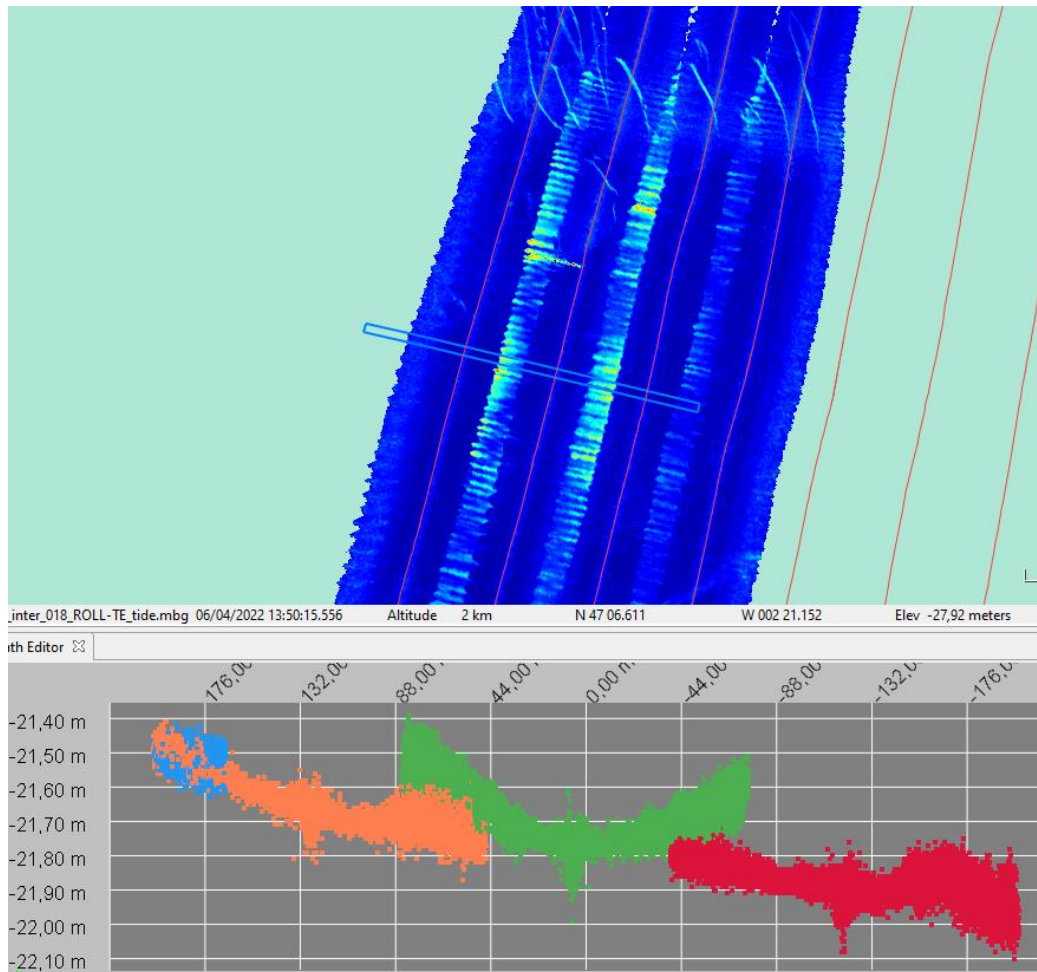


Figure 33: Artéfact dans un recouvrement de profils

La figure ci-dessus montre des zones de recouvrement à écart type élevé entre le profil 017 (en vert) et ses voisins. La visualisation des sondes (bas de la figure) exprime clairement un défaut lié aux données de célérité. Ce phénomène semble se caractériser par une répétition à tendance cyclique sur une partie du profil. La cyclicité est de l'ordre de la minute. Une exploration des données pour essayer d'identifier la source révèle un point de questionnement sur les données de célérité de surface dans les fichiers .mbg et tout particulièrement leur échantillonnage. Un complément d'épuration manuelle des sondes, tout particulièrement sur la série des profils 050 à 056, a donc été nécessaire.

Concomitant à l'artéfact observé ci-dessus, on relève une variation de célérité de surface dans les données .mbg (image ci-dessous). Par contre, la courbe de célérité de surface ne rend pas compte d'une évolution progressive sur quelques secondes ou minutes de ce changement. Le saut est brusque et instantané.



Figure 34: Célérité de surface dans les fichiers .mbg

On peut craindre que la variation réelle de célérité de surface soit mal prise en compte du fait de cet échantillonnage et surtout du lissage appliqué. A priori un filtre médian de 60 secondes est appliqué sur les données de célérité de surface qui coïncide avec la longueur temporelle de l'artéfact vu sur les données.

Les interprofils de la boîte « Concession » n'ont pas été utilisés, excepté le 055. Ce profil 055 est maillé individuellement. Il est intégré en fin de traitement par une opération « merge fill », en complément de couverture en arrière-plan.

## 7.2 Indice qualité

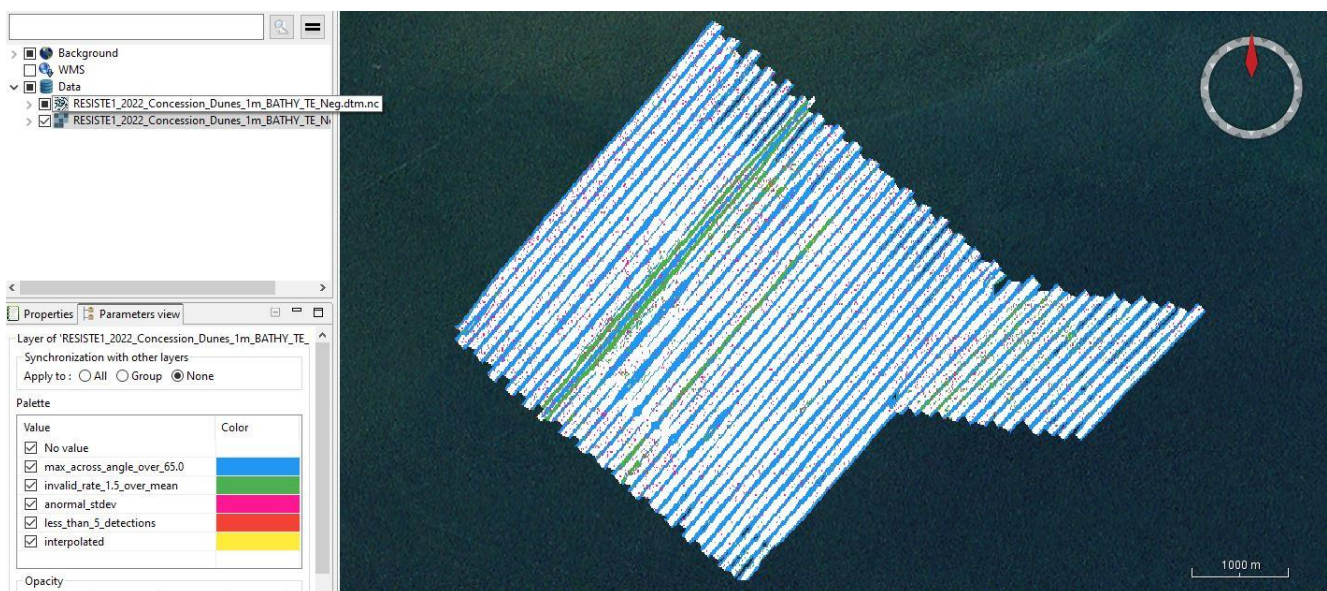


Figure 35: Indice qualité des boîtes "Concession" et "Dunes" de la mission RESISTE1\_2022

## 7.3 Incertitude effective de la mesure

Le calcul d'incertitude effective de la mesure a été effectué entre le MNT de la zone d'intérêt et le profil traversier 045-2.



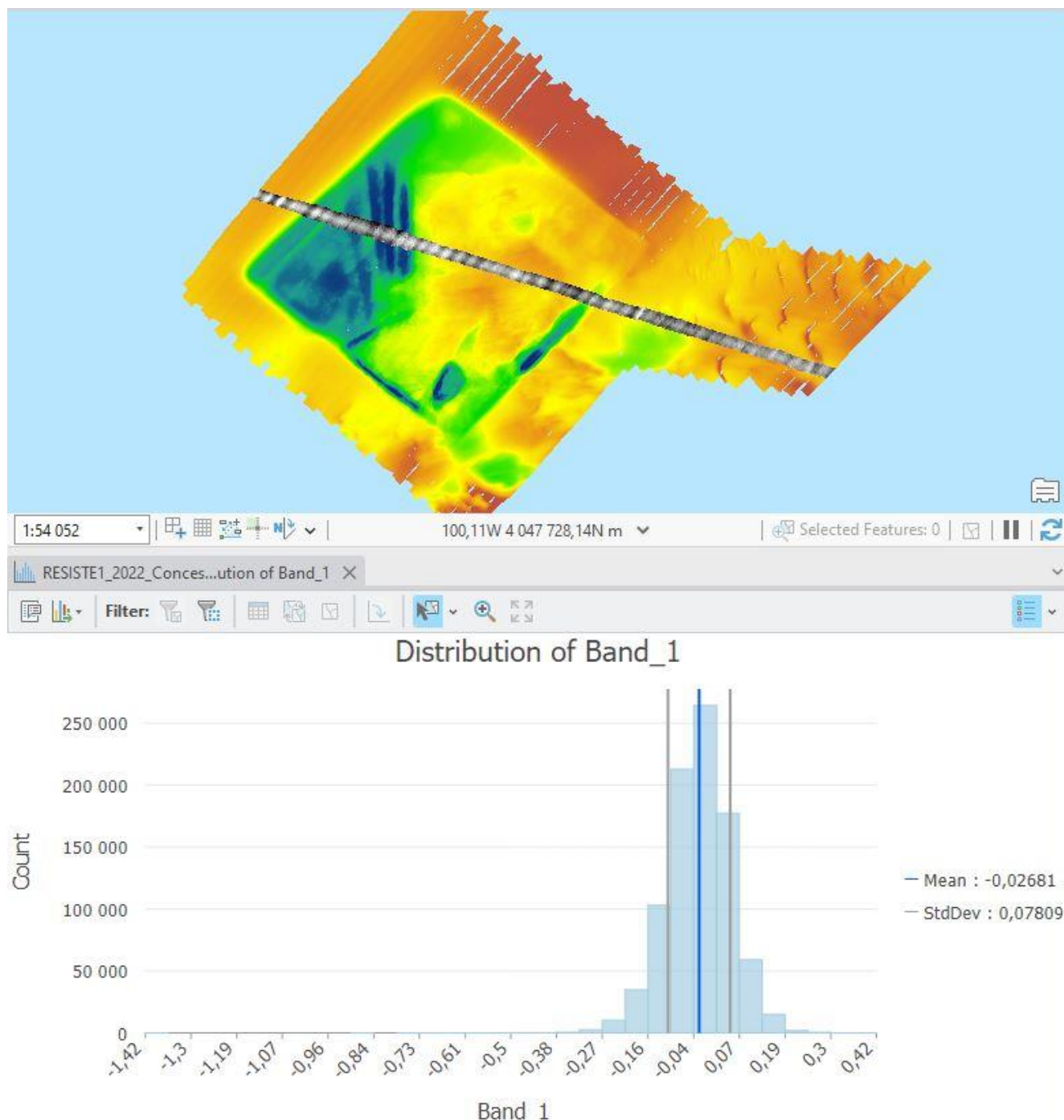


Figure 36: Incertitude effective de la mesure (abscisse en m)

## 7.4 Statistiques

### 7.4.1 Boite « Concession »

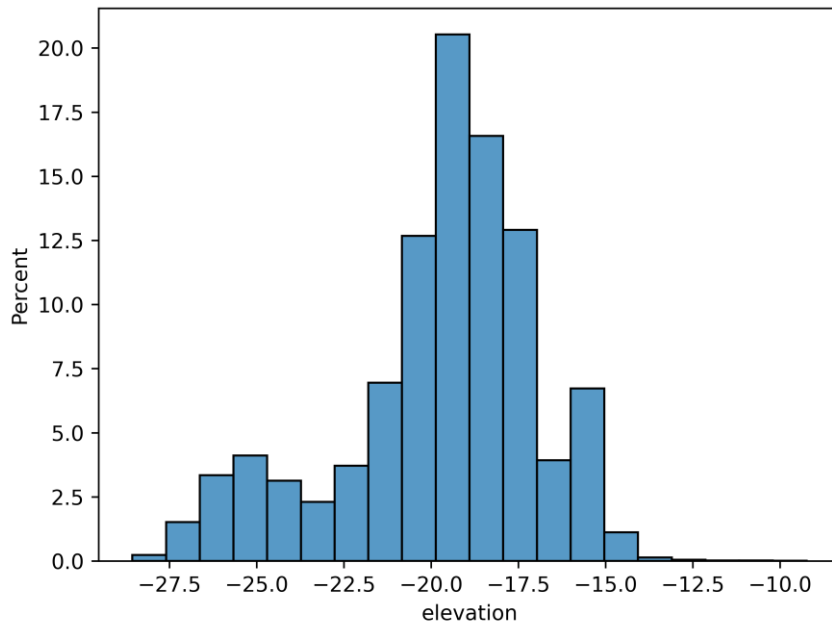


Figure 37: Répartition des profondeurs, boîte "Concession" (abscisse en m)

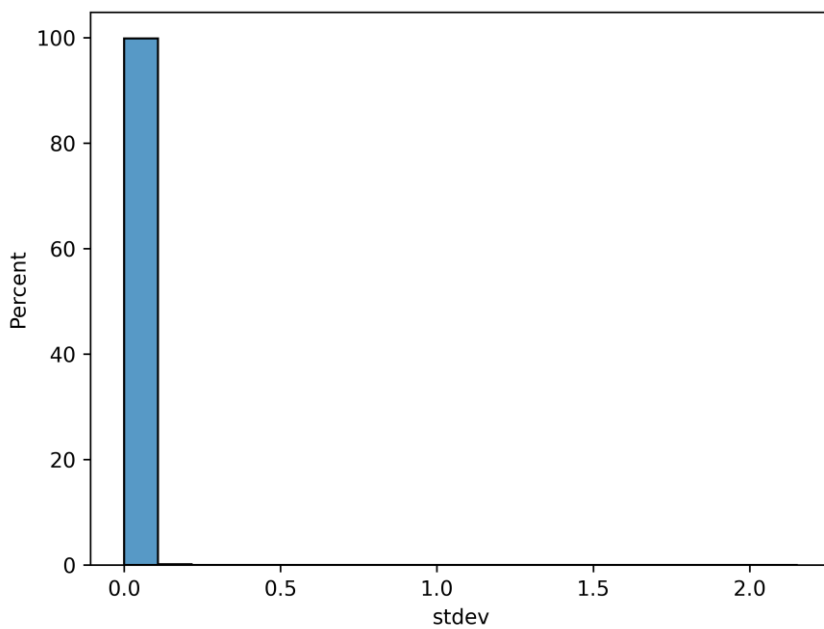


Figure 38: Répartition des écarts type, boîte "Concession" (abscisse en m)

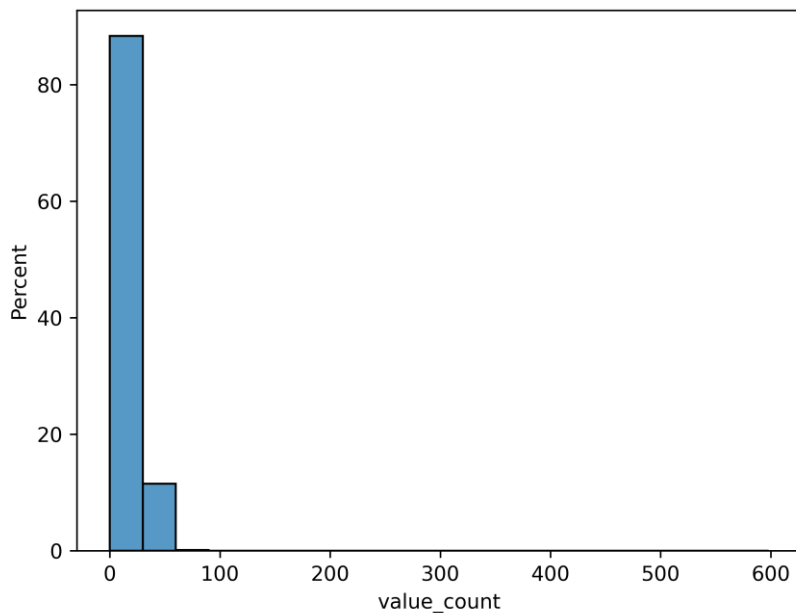


Figure 39: Répartition des sondes par cellule, boîte "Concession"

layer	min	max	mean	median	std	min_confidence_interval	max_confidence_interval	confidence_level_on_interval
elevation	-28,56	9,24	19,74	19,28	2,81			
stdev	0,00	2,15	0,02	0,02	0,01	0,01	0,06	95,00%
value_count	0,00	598,00	20,35	19,00	7,89	10,00	40,00	95,00%

Tableau 17: Statistiques sur différentes couches pour 95% des valeurs, boîte "Concession"

## 7.4.2 Boite « Dunes »

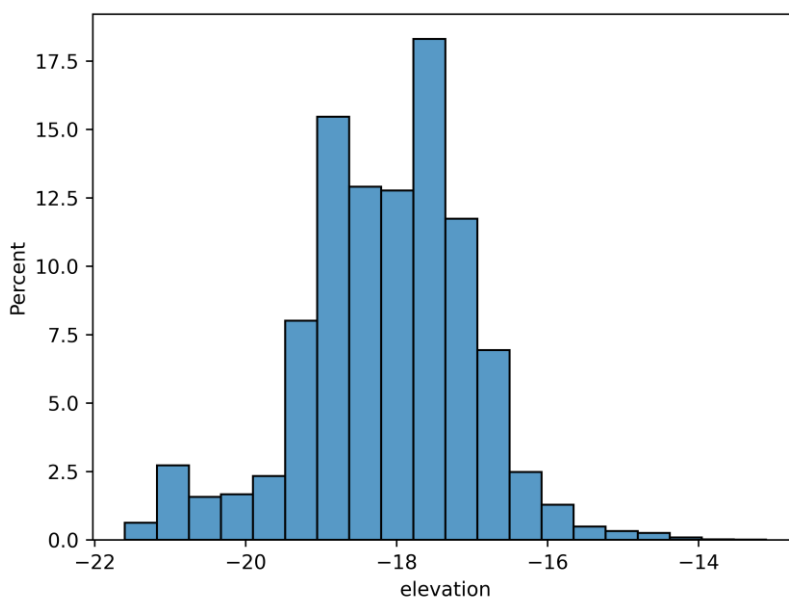


Figure 40: Répartition des profondeurs, boîte "Dunes" (abscisse en m)

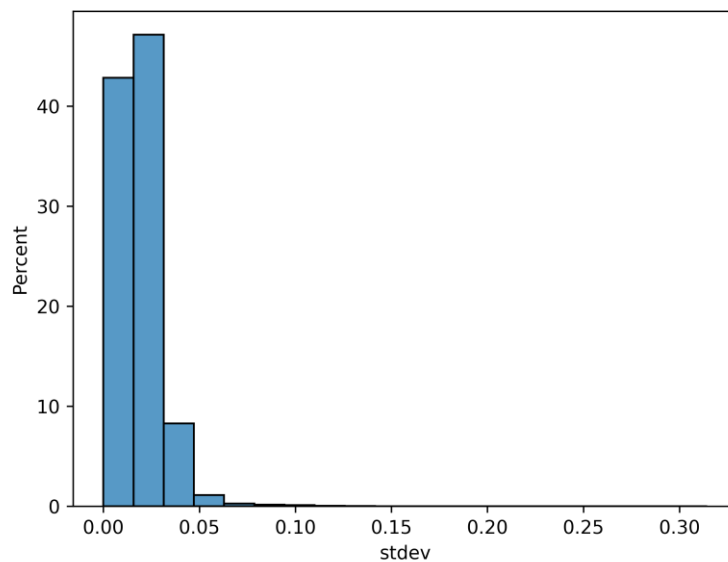


Figure 41: Répartition des écarts type, boîte "Dunes" (abscisse en m)

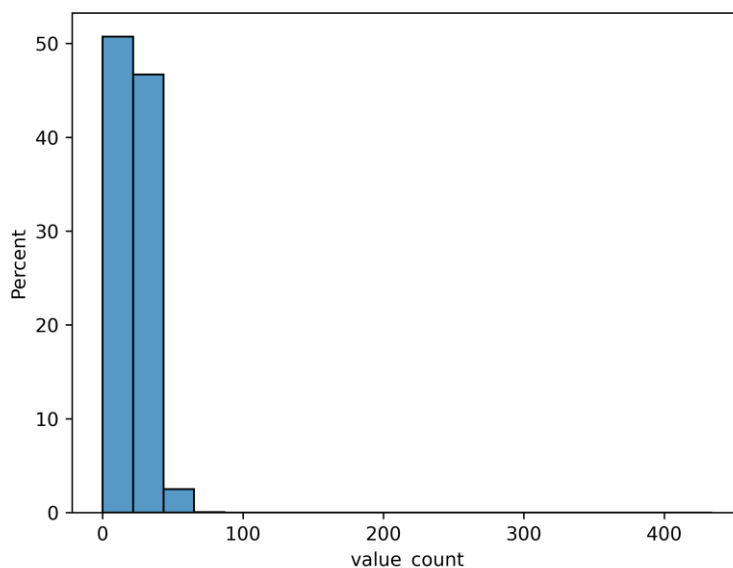


Figure 42: Répartition des sondes par cellule, boîte "Dunes"

layer	min	max	mean	median	std	min_confidence_interval	max_confidence_interval	confidence_level_on_interval
elevation	-21,60	13,11	18,12	18,03	1,12			
stdev	0,00	0,31	0,02	0,02	0,01	0,01	0,04	95,00%
value_count	0,00	434,00	22,48	21,00	7,91	11,00	44,00	95,00%

Tableau 18: Statistiques sur différentes couches pour 95% des valeurs, boîte "Dunes"

### 7.5 Traitement SMF EM2040 – réflectivité

Une seule courbe de compensation a été calculée sur le fichier 021.

### 7.6 Traitement sonar latéral KLEIN 3000

Le traitement s'est fait en 5 étapes : 1- conversion des fichiers .sdf, 2- sélection des profils par boîte, 3-calcul de la compensation, 4- génération de la mosaïque, 5- export.

Une courbe de compensation a été calculée pour chacune des Fréquences.

## 8. Mission de novembre 2022 (RESISTE2-2022)

### 8.1 Traitement SMF EM2040 – bathymétrie

#### 8.1.1 Système de positionnement

Les statistiques d'utilisation des différents systèmes de positionnement au cours de la mission n'ont pas été communiqués.

### 8.1.2 Traitement de la marée

Pour garder une cohérence entre les traitements des différentes campagnes, la méthode des harmoniques du SHOM ajouté à la mesure de la surcote au marégraphe du port de l'Herbaudière a été utilisé.

### 8.1.3 Tirant d'eau

Les données ont été corrigé d'un tirant d'eau théorique, calculé à partir des quelques données mesurées.

Date		Zeau/pt réf (mesures)	Biais moyen	Zeau/pt réf (estimés)
24/10/22	Matin	1.177		
	Soir	1.255	-0.058	
29/10/22	Matin	En mer	-0.058	1.197
	Soir	1.139	-0.006	
30/10/22	Matin	En mer	-0.006	1.133
	Soir	1.127		
31/10/22	Matin	1.116	+0.036	
	Soir	En mer	+0.036	1.152
02/11/22	Matin	1.189	-0.012	
	Soir	En mer	-0.012	1.177
03/11/22	Matin	En mer	-0.012	1.165
	Soir	1.153		

Tableau 19: Calcul de l'évolution théorique du tirant d'eau (en m) en fonction du temps

$$\text{Biais moyen} = \frac{\text{mesure jour}_n - \text{mesure jour}_0}{\text{nombre de jours } (n - 0)}$$

$$\text{Zeau / Pt ref (estimé)} = \text{mesure jour}_0 + \text{Biais moyen}$$

#### Note d'Hervé BISQUAY:

Xavier MORIN a repris le calcul de WLZ (cote de la ligne de flottaison p/r au point de référence du navire) à partir des mesures de tirant d'air. Ce nouveau calcul prend correctement en compte le repère choisi par le géomètre. Il y a un décalage de 9 cm par rapport au modèle précédent. **-9 cm** ont donc été ajouté aux valeurs du tableau.

Le système d'acquisition SIS a une valeur WLZ = -1m enregistrée (repère du bateau positif vers le bas).

La correction du tirant d'eau a été faite par la méthode « draught correction » à l'aide des valeurs suivantes :

24/10/2022	08:00:00.000	-0.27
24/10/2022	18:00:00.000	-0.34
29/10/2022	08:00:00.000	-0.29
29/10/2022	18:00:00.000	-0.33
30/10/2022	08:00:00.000	-0.22
30/10/2022	18:00:00.000	-0.22
31/10/2022	08:00:00.000	-0.21
31/10/2022	18:00:00.000	-0.24
02/11/2022	08:00:00.000	-0.28
02/11/2022	18:00:00.000	-0.27
03/11/2022	08:00:00.000	-0.25
03/11/2022	18:00:00.000	-0.24

Figure 43: Calcul de l'évolution théorique du tirant d'eau en fonction du temps

### 8.1.4 Problèmes rencontrés

Certains profils ont été corrigés d'un biais de roulis.

Tous les profils ont été corrigés de l'effet de « tôle ondulée » via le module CORATT.

## 8.2 Indice qualité

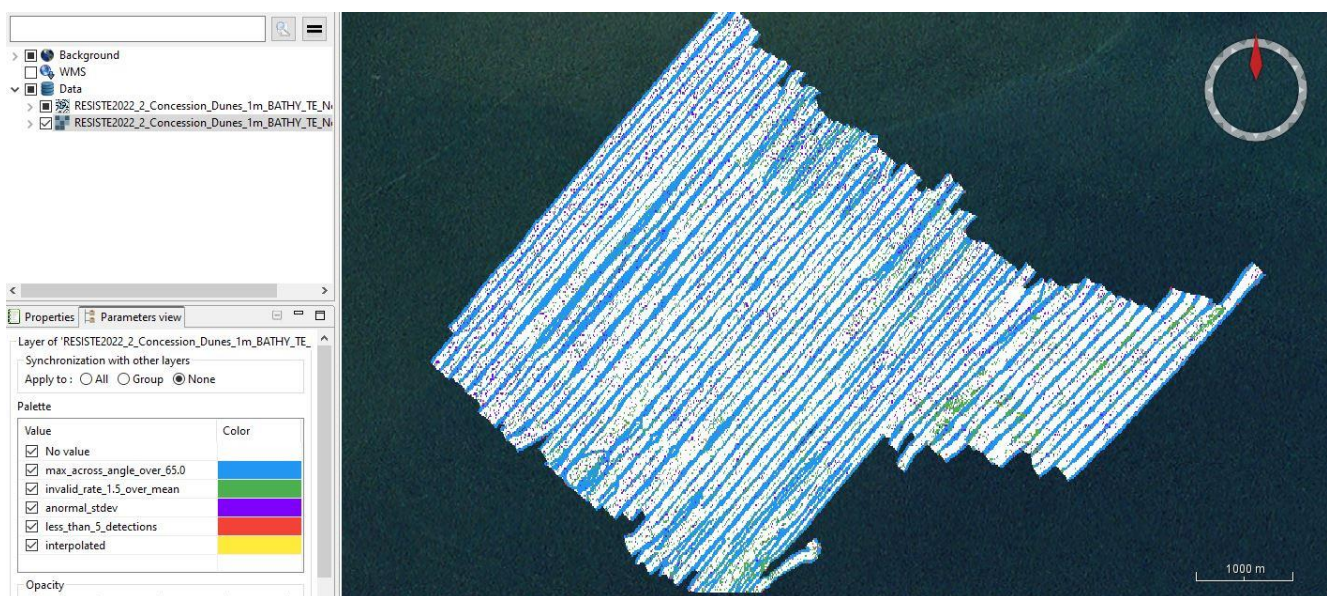


Figure 44: Indice qualité des boîtes "Concession" et "Dunes" de la mission RESISTE2-2022

## 8.3 Incertitude effective de la mesure

Le calcul d'incertitude effective de la mesure a été effectué entre le MNT de la zone d'intérêt et le profil traversier 127.

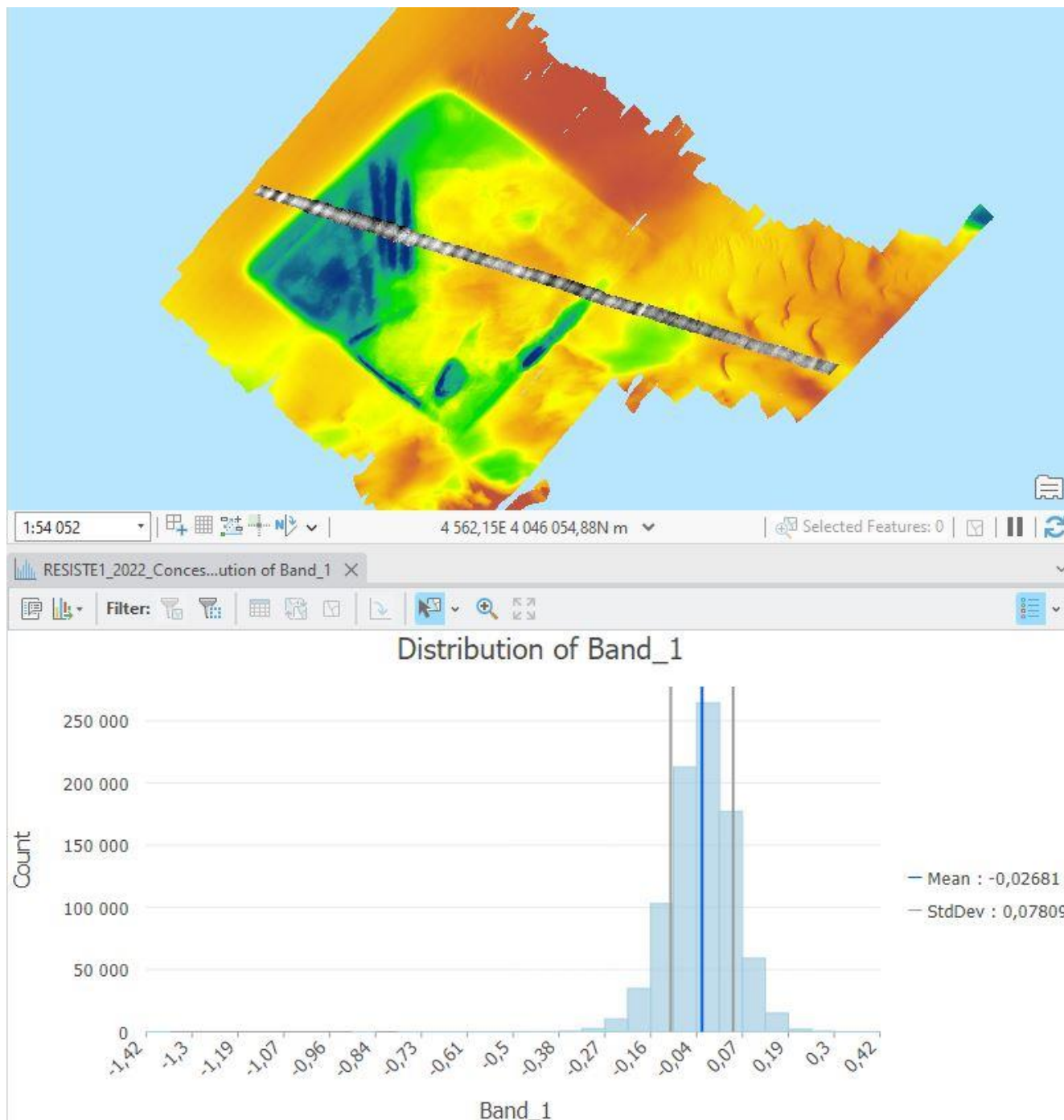


Figure 45: Incertitude effective de la mesure (abscisse en m)



## 8.4 Statistiques

### 8.4.1 Boite « Concession »

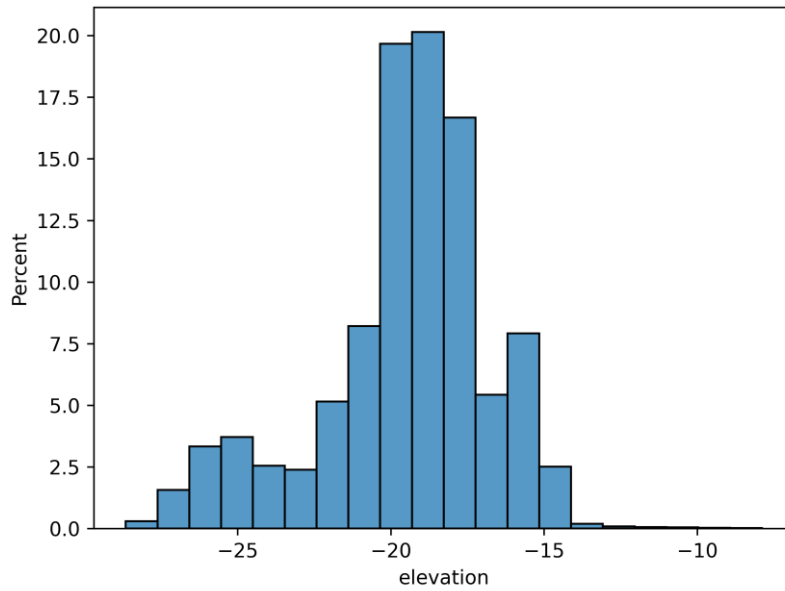


Figure 46: Répartition des profondeurs, boîte "Concession" (abscisse en m)

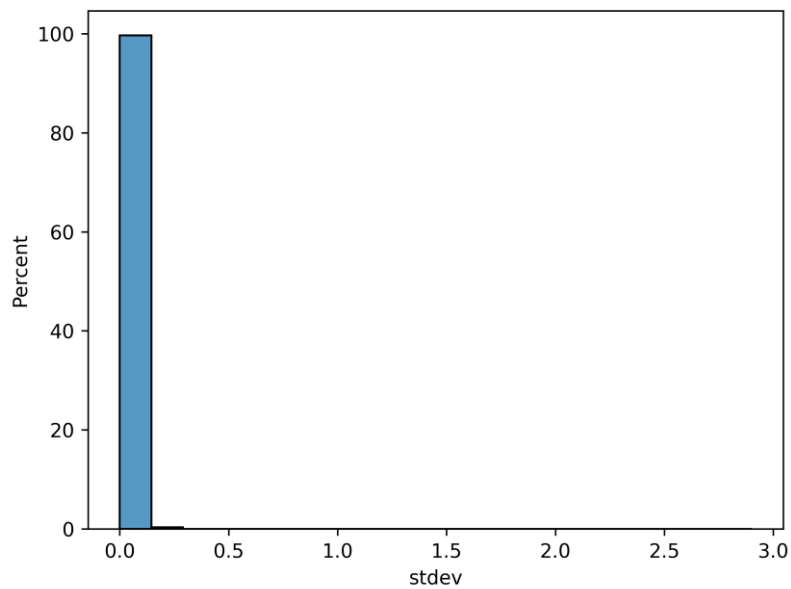


Figure 47: Répartition des écarts type, boîte "Concession" (abscisse en m)

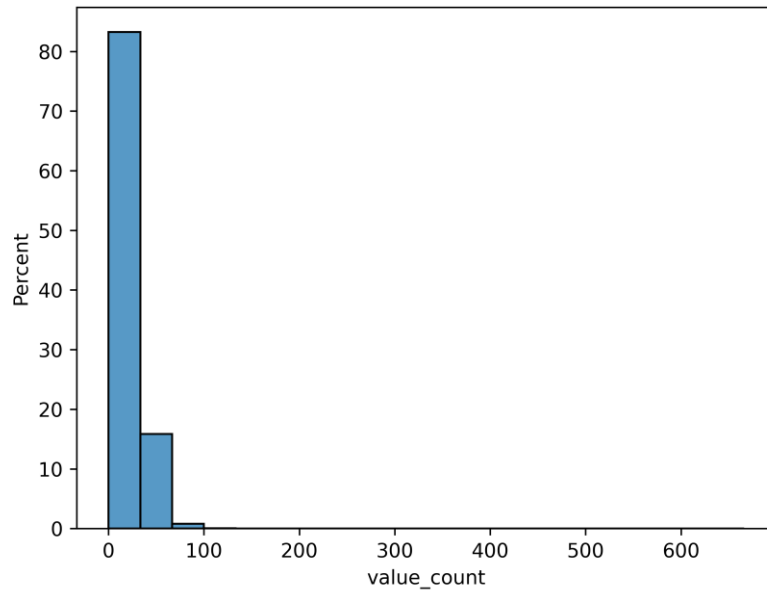


Figure 48: Répartition des sondes par cellule, boîte "Concession"

layer	min	max	mean	median	std	min_confidence_interval	max_confidence_interval	confidence_level_on_interval
elevation	-28,65	7,89	19,53	19,16	2,81			
stdev	0,00	2,90	0,03	0,02	0,02	0,01	0,09	95,00%
value_count	0,00	666,00	23,10	20,00	12,46	9,00	55,00	95,00%

Tableau 20 : Statistiques sur différentes couches pour 95% des valeurs, boîte « Concession »

### 8.4.2 Boite « Dunes »

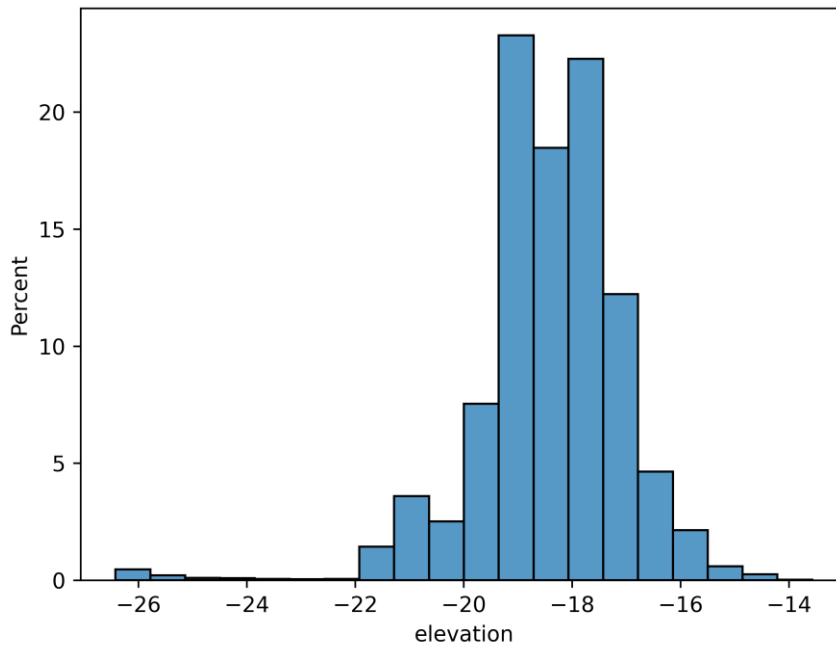


Figure 49: Répartition des profondeurs, boîte "Dunes" (abscisse en m)

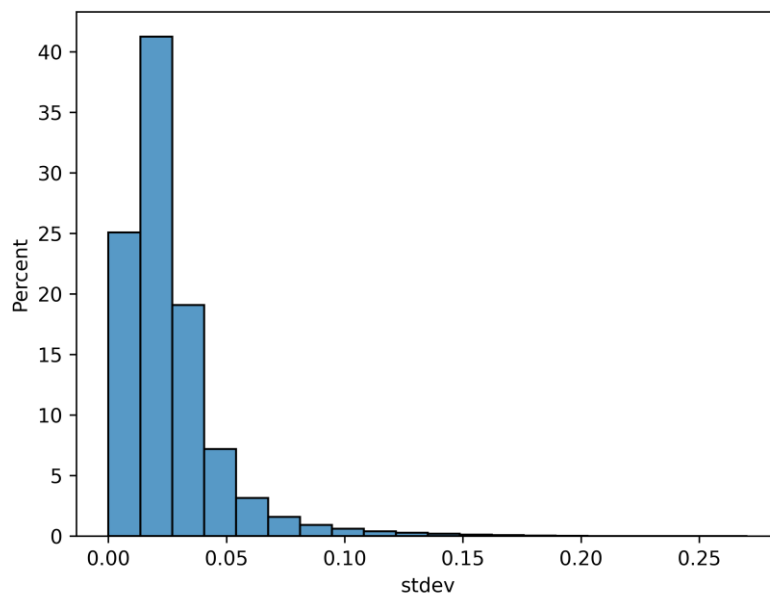


Figure 50: Répartition des écarts type, boîte "Dunes" (abscisse en m)

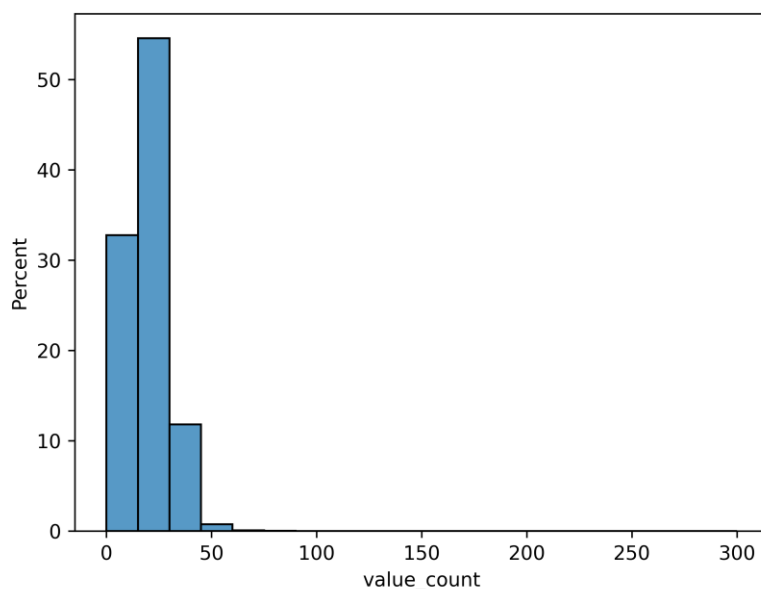


Figure 51: Répartition des sondes par cellule, boîte "Dunes"

layer	min	max	mean	median	std	min_confidence_interval	max_confidence_interval	confidence_level_on_interval
elevation	-26,42	-13,57	-18,41	-18,33	1,37			
stdev	0,00	0,27	0,03	0,02	0,02	0,01	0,08	95,00%
value_count	0,00	300,00	19,47	17,00	8,32	8,00	38,00	95,00%

Tableau 21: Statistiques sur différentes couches pour 95% des valeurs, boîte "Dunes"

### 8.5 Traitement SMF EM2040 – réflectivité

Une seule courbe de compensation a été calculé sur le fichier 060.

### 8.6 Traitement sonar latéral KLEIN 3000

Plusieurs versions de SONARSCOPE ont été nécessaires pour réaliser ce traitement.

La BUC était en place du début de la mission jusqu'au profil 014. Puis elle a été perdue et non remplacée jusqu'à la fin de la mission. La prise en compte de la longueur filée nous a donc permis d'obtenir un résultat acceptable (distance entre l'antenne GPS du bateau et la poulie compteuse = 13.7m).

Le traitement s'est fait en 5 étapes pour les fichiers avec BUC : 1- conversion des fichiers .sdf, 2- sélection des profils par boîte, 3-calcul de la compensation, 4- génération de la mosaïque, 5- export.

Une courbe de compensation a été calculée pour chacune des Fréquences.

Le traitement s'est fait en 4 étapes pour le traitement des fichiers sans BUC :

1/ sdf : compute height

2/ compute fish nav from ship nav. 13,7m. estimate the immersion value from the cableout=> cableout/5

3/ edit nav : source of nav=fish. Source of heading value=fish sensor

Filtration 1/200 => lat, lon, heading

4/ geometric transformation/ pingsample. Source of heading values => fish sensor

Le fichier de compensation a été calculé sur le fichier 52 qui est acquis sur une zone sableuse.

## 9. Différentiels bathymétriques entre les différentes campagnes

### 9.1 Différentiels



Figure 52: Novembre 2020 - Novembre 2017

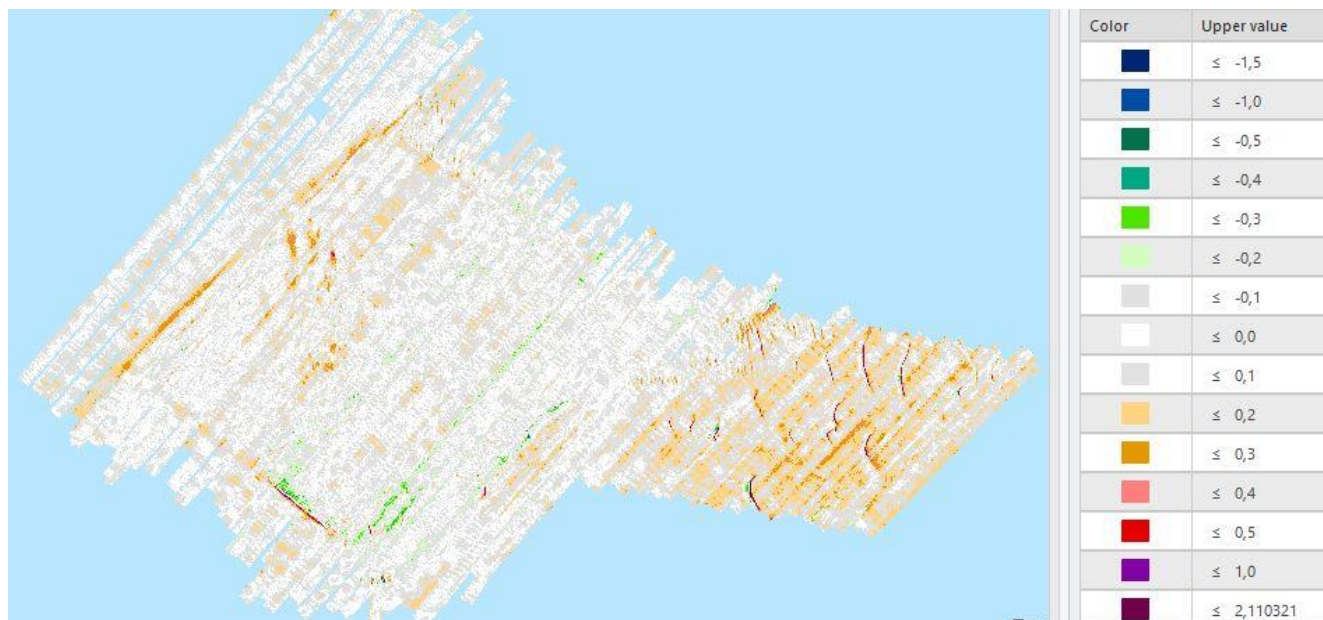


Figure 53: Novembre 2021 - Novembre 2020



Figure 54: Novembre 2022 - Novembre 2021

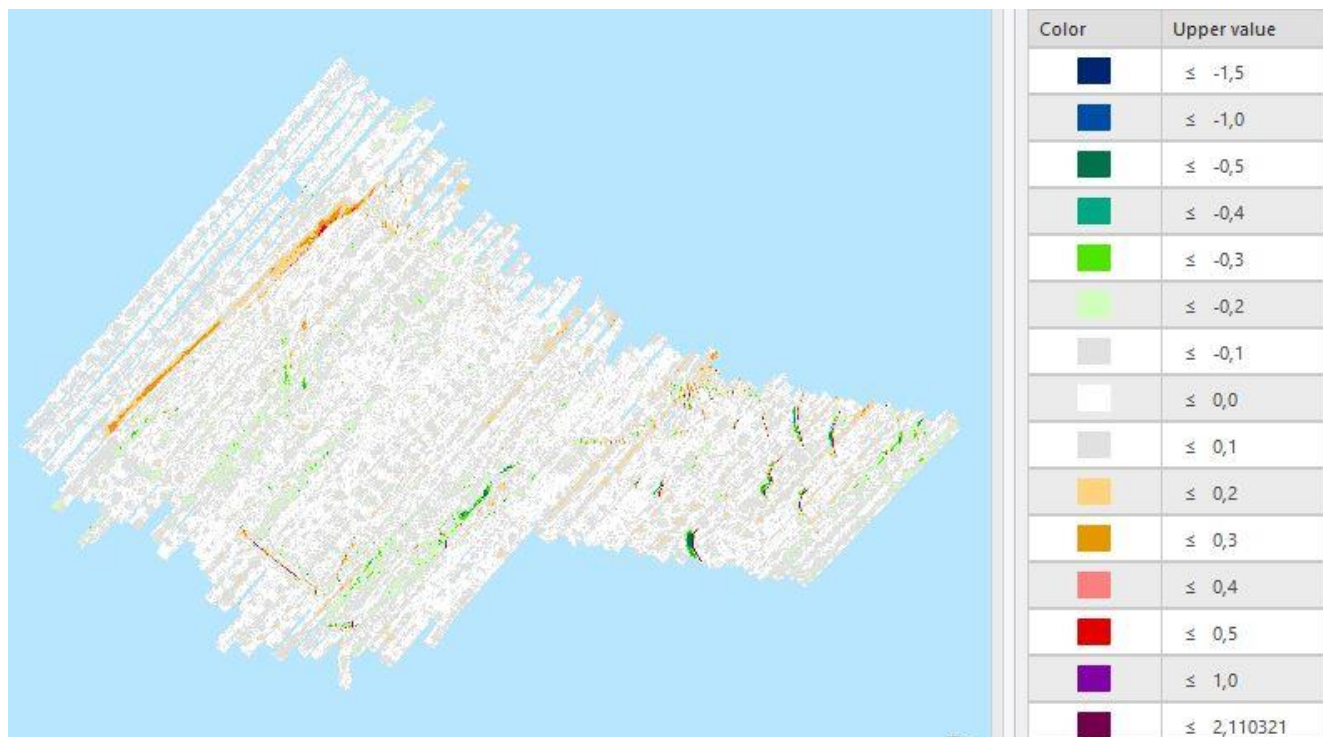


Figure 55: Novembre 2022 - Novembre 2020



Figure 56: Novembre 2022 - Novembre 2017

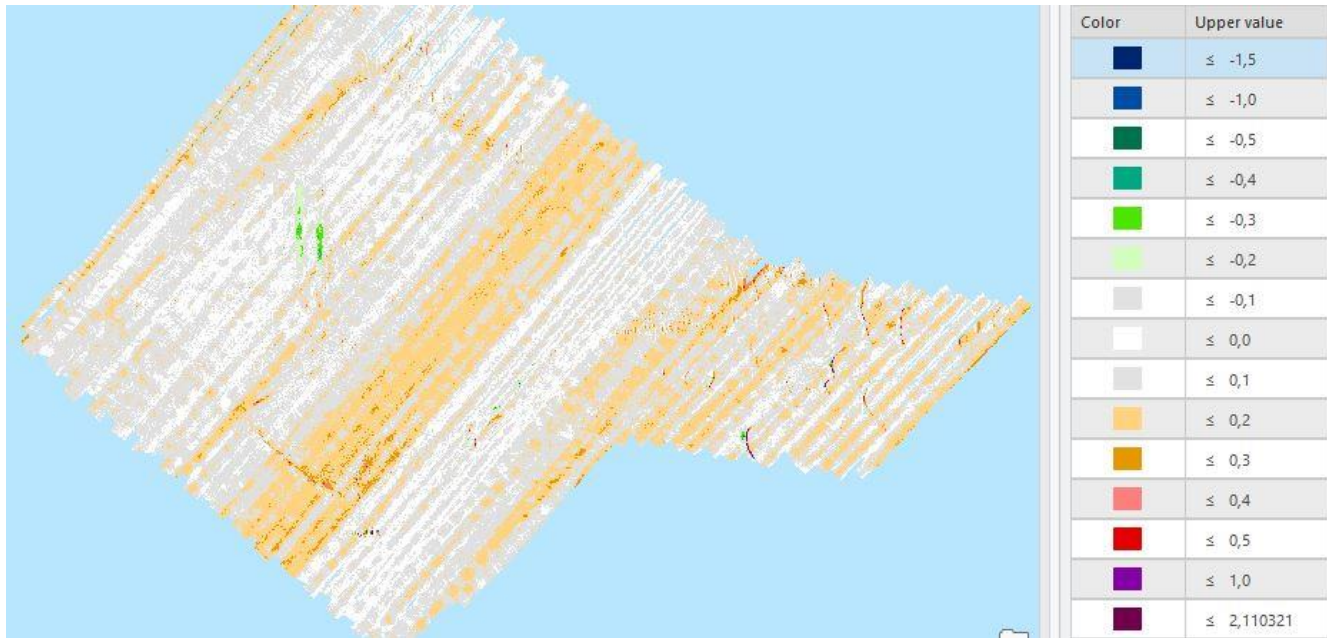


Figure 57: Avril 2022 - Avril 2021

## 9.2 Statistiques sur les différentiels

Les statistiques sur les différentiels ont été réalisés avec le logiciel ArcGIS PRO.

<b>Différentiels bathymétriques</b>	<b>Moyenne</b>	<b>Ecart-type</b>
Novembre 2020-Novembre 2017	7cm	14cm
Novembre 2021-Novembre 2020	0.06cm	9cm
Novembre 2022-Novembre2017	13cm	16cm
Novembre2022-Novembre2020	7cm	9cm
Novembre2022-Novembre2021	6cm	9cm
Avril2022-Avril2021	4cm	8cm

Tableau 22: Moyenne et écart-type sur les différentiels bathymétriques des campagnes RESISTE



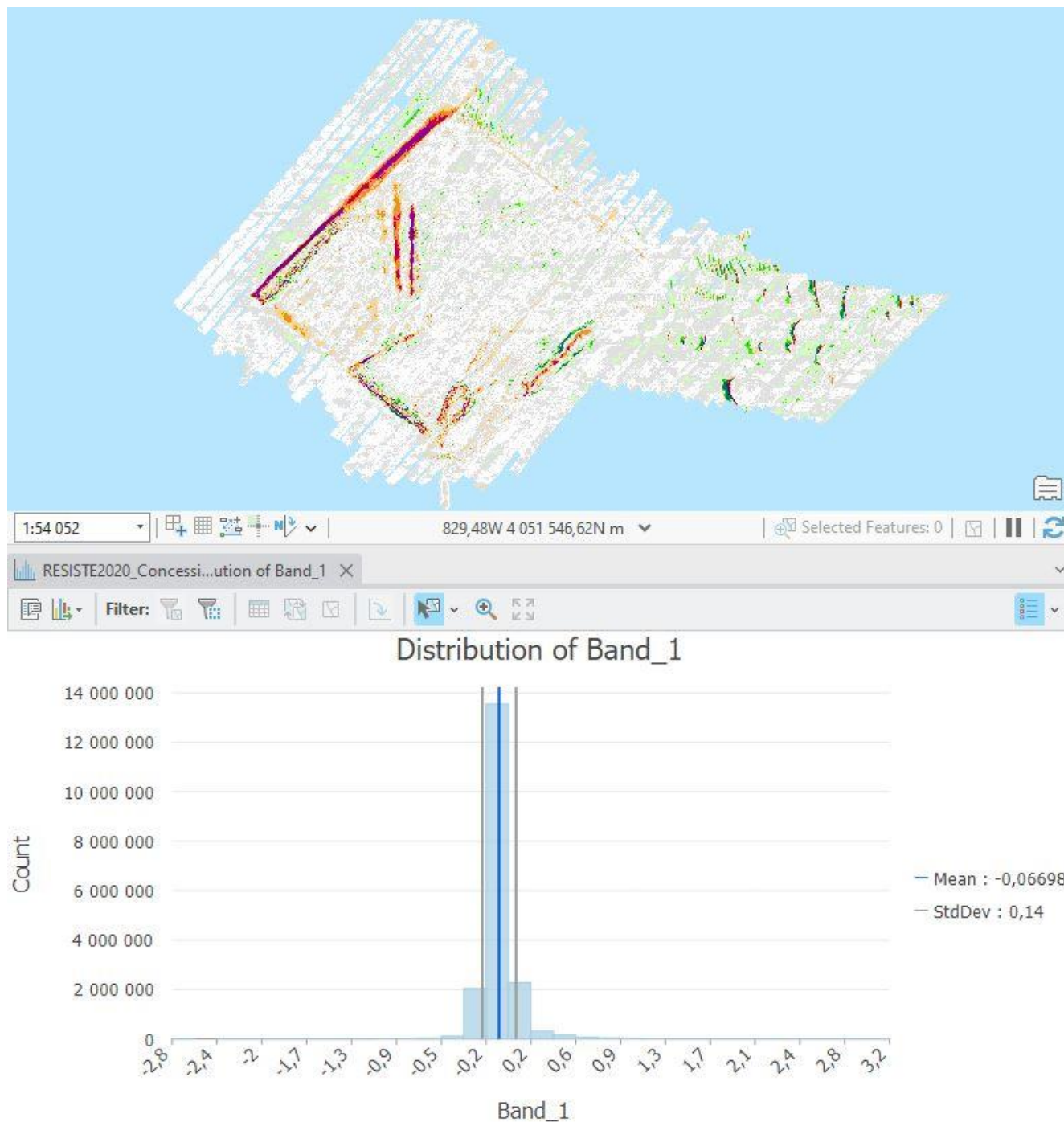


Figure 58: Statistiques sur les différentiels Novembre 2020 - Novembre 2017 (en m)

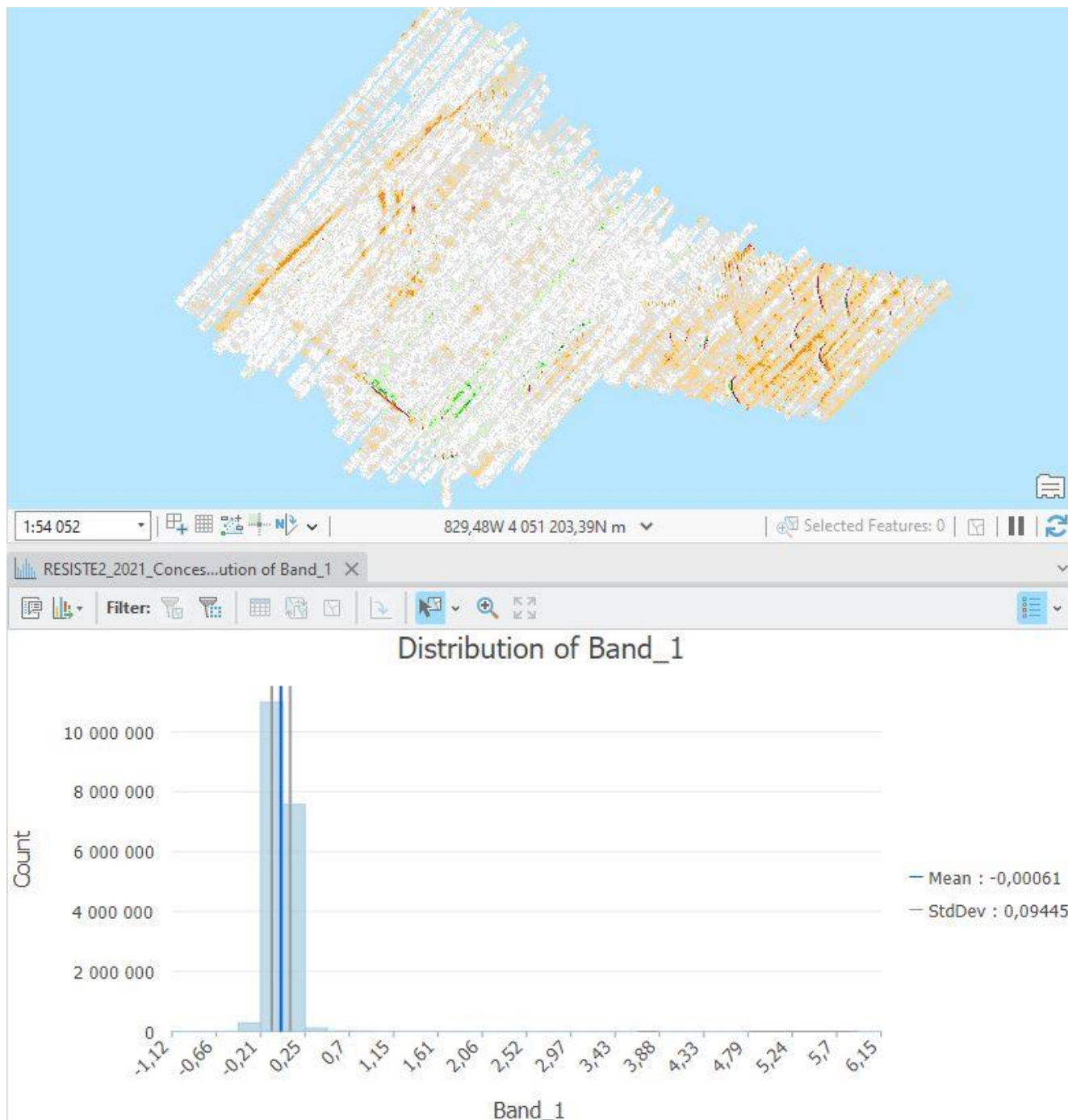


Figure 59: Statistiques sur les différentiels Novembre 2021\_Novembre 2020 (en m)



Distribution of Band\_1

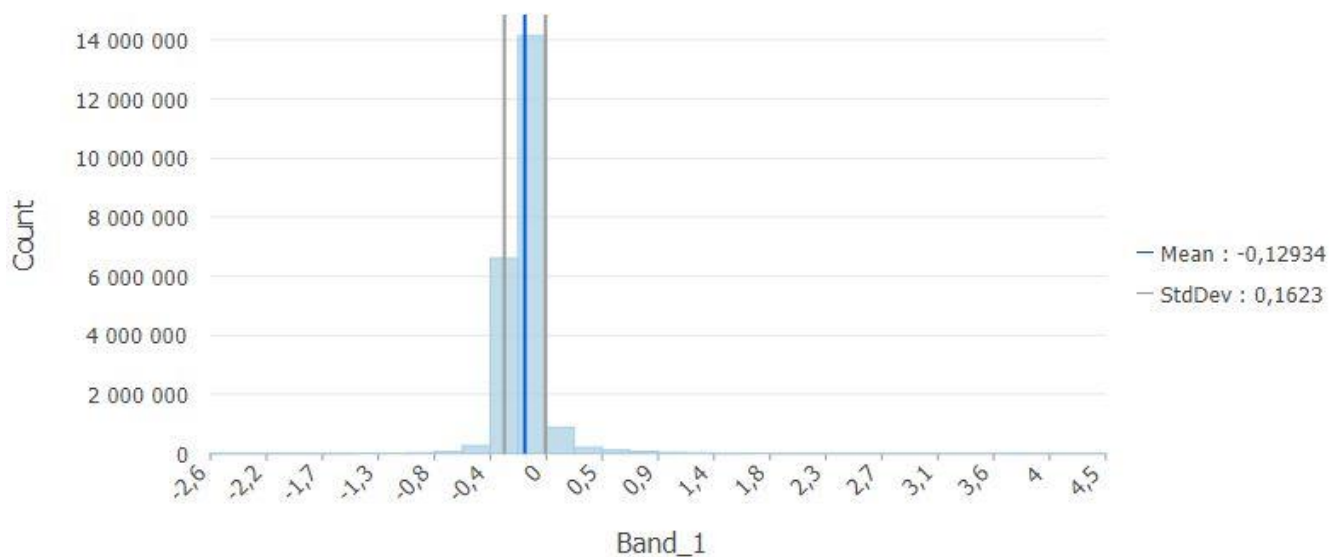


Figure 60: Statistiques sur les différentiels Novembre 2022 - Novembre 2017 (en m)

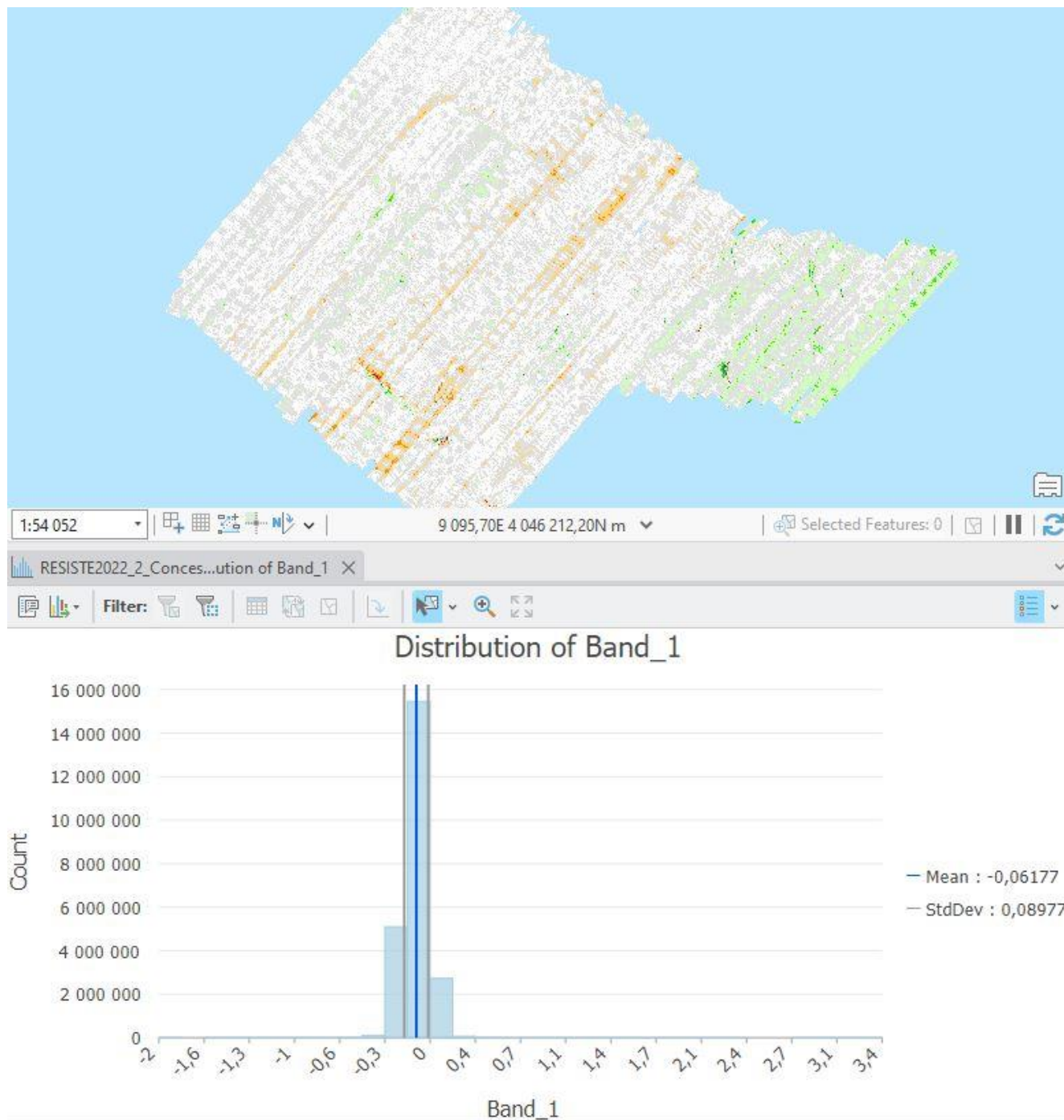


Figure 61: Statistiques sur les différentiels Novembre 2022 - Novembre 2021 (en m)

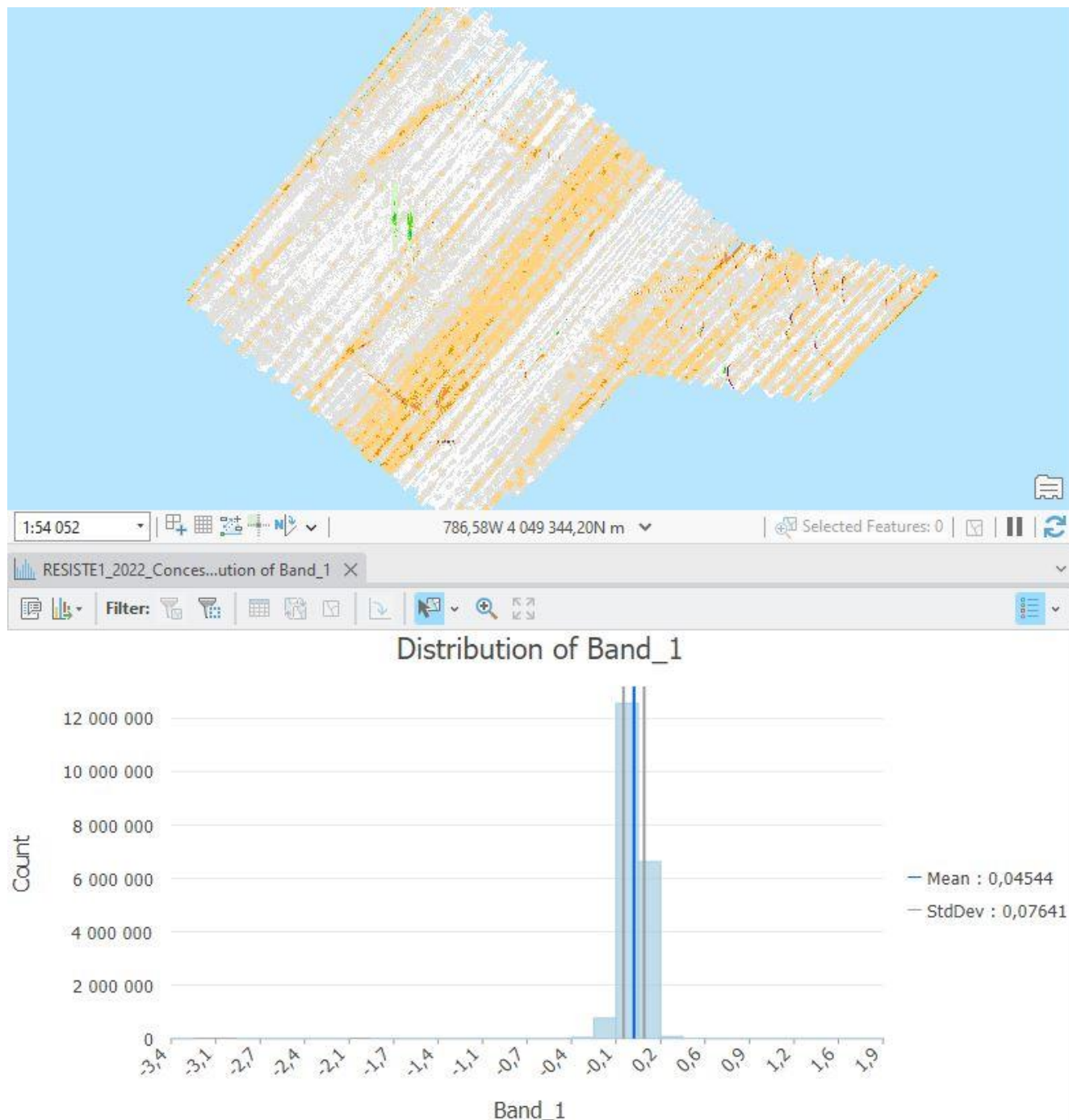


Figure 62: Statistiques sur les différentiels Avril 2022 - Avril 2021 (en m)

## 10. Conclusion

Ce projet a permis une réflexion très poussée concernant les points suivants :

- Traitement de la marée => élaborer une méthode commune à toutes les missions. Les données ont finalement été traitées avec la méthode des harmoniques du SHOM, corrigées de la surcote mesurée au marégraphe le plus proche (l'Herbaudière).
- Tirant d'eau => recalcul de la cote de la ligne de flottaison par rapport au point de référence du navire, à partir des mesures de tirant d'air. Corrélation entre les mesures du tirant d'air et les actions à bord (plein d'eau, gasoil, vivres).  
Les données ont été corrigées du tirant d'eau mesuré à quai, ajouté du biais de 9 cm identifié par GENAVIR.

Ces missions successives ont également permis de mettre en place des analyses qui étaient jusqu'alors peu ou pas utilisées :

- Calcul de différentiels bathymétriques
- Indice qualité des nœuds de grille
- Incertitude de la donnée (avec affinage de valeurs théoriques en cours par Hervé BISQUAY)
- Statistiques sur les différents levés et les différentiels bathymétriques

En terme d'évolutions, le logiciel GLOBE a vu certaines fonctionnalités créées (calcul de la marée de manière automatique, prise en compte du tirant d'eau, calcul de l'indice qualité, ...) ou modifiées de manière significative (contrôle du signe dans les calculs par exemple). Une trame de rapport de traitement « type » a été mise en place pour assurer une homogénéité d'un opérateur à l'autre et également pour recenser les différents points sur lesquels ils faut porter une attention particulière.

Une anomalie concernant l'antenne de réception RTK a aussi été mise en évidence, ce qui a conduit à son remplacement au printemps 2021.

7 personnes différentes ont été impliquées dans les embarquements et le traitement des données, ce qui a représenté une difficulté non négligeable en terme de gestion de donnée et méthodologie. Pour faciliter les missions futures, une arborescence de fichiers « type » a été mise en place (également présente sous [\\datawork\datawork-gm-cartotd1](#)). Elle devra être ajustée en fonction des besoins spécifiques de chaque mission.



Figure 63: Proposition d'arborescence des fichiers lors du traitement des outils; pour le SMF à gauche, pour le sonar à droite

Les traitements de certaines campagnes ou boîtes ne sont pas parfaits. Pour obtenir des différentiels bathymétriques moins bruités, il faudrait revoir les parties suivantes:

- Novembre 2021, boîte « Dunes »
- Avril 2021 et/ou Avril 2022

## 11. Bibliographie

Guerin Charline (2021). **RESISTE2-TH-2020. Traitement SMF EM2040 et SONAR LATERAL KLEIN 3000.** DIT.REM/GM/CTDI-20210304-CG01.  
<https://archimer.ifremer.fr/doc/00683/79512/>

Besson Florian (2021). **RESISTE-2-2021. Traitement bord des données SMF EM2040 et sonar latéral KLEIN 3000.**  
<https://archimer.ifremer.fr/doc/00797/90903/>

Trebaol Lucie (2022). **Traitement de données acoustiques pour les campagnes à la mer RESISTE2022-1 et GEOSTBRIEUC-2.** REM/GEO-OCEAN/ANTIPOD/LucieTrebaol2022. Rapport de stage de 2ème année Bachelor Océanographe prospecteur. INTECHMER CNAM.  
<https://archimer.ifremer.fr/doc/00796/90787/>

## 12. Annexes

### 12.1.1 Système de positionnement utilisé par Ixblue

Le positionnement des levés est assuré par un système de positionnement par satellite GNSS (Global Navigation Satellite System) en mode cinématique et de précision centimétrique.

Le système est composé d'un GNSS de navigation fixé sur le navire. La précision du positionnement est améliorée par le calcul d'une solution centimétrique au niveau d'une station de référence terrestre dont la position est précisément connue. La station du Réseau Géodésique Permanent (RGP) de Noirmoutier (NMTR) est adoptée pour ce levé.

Le traitement des données est opéré en différé après l'acquisition (post traitement) dans le cas d'un levé PPK (Post Processed Kinematic), solution adoptée dans le cadre du présent projet.

Les sauts de données liés aux masques et dérives du GNSS sont compensés par le couplage de la centrale inertielle. Les données de navigation sont post-traitées sous le logiciel DelphINS.

### 12.1.2 Référence verticale utilisée par Ixblue

	<p>Suivi post-fermeture de la concession du Pilier Suivi morpho-sédimentaire - HYDRO/GEO</p>	
---	--	--

#### 2.1.3. Référence verticale

Pour respecter la compatibilité des données avec les précédents suivis, les sondes bathymétriques sont référencées en cotes marines, par rapport au zéro hydrographique de la Pointe Saint Gildas.

Le levé bathymétrique est opéré avec un système de positionnement en mode cinématique suivi d'un traitement de la navigation (PPK). Les sondes sont ainsi directement mesurées par rapport à l'ellipsoïde WGS84 et recalées par rapport au zéro hydrographique par l'application de la constante de séparation indiquée par le SHOM (Référence Altimétrique Maritime, 2016) :

Port	ZH/Ref	ZH/Ell <sub>WGS84</sub>	Ref
Pointe de Saint Gildas	-3.078m	44.77 m	IGN69

Tableau 6 : Port de Pointe Saint Gildas - Référence Altimétrique Maritime  
(Extrait de l'ouvrage du SHOM 2017)