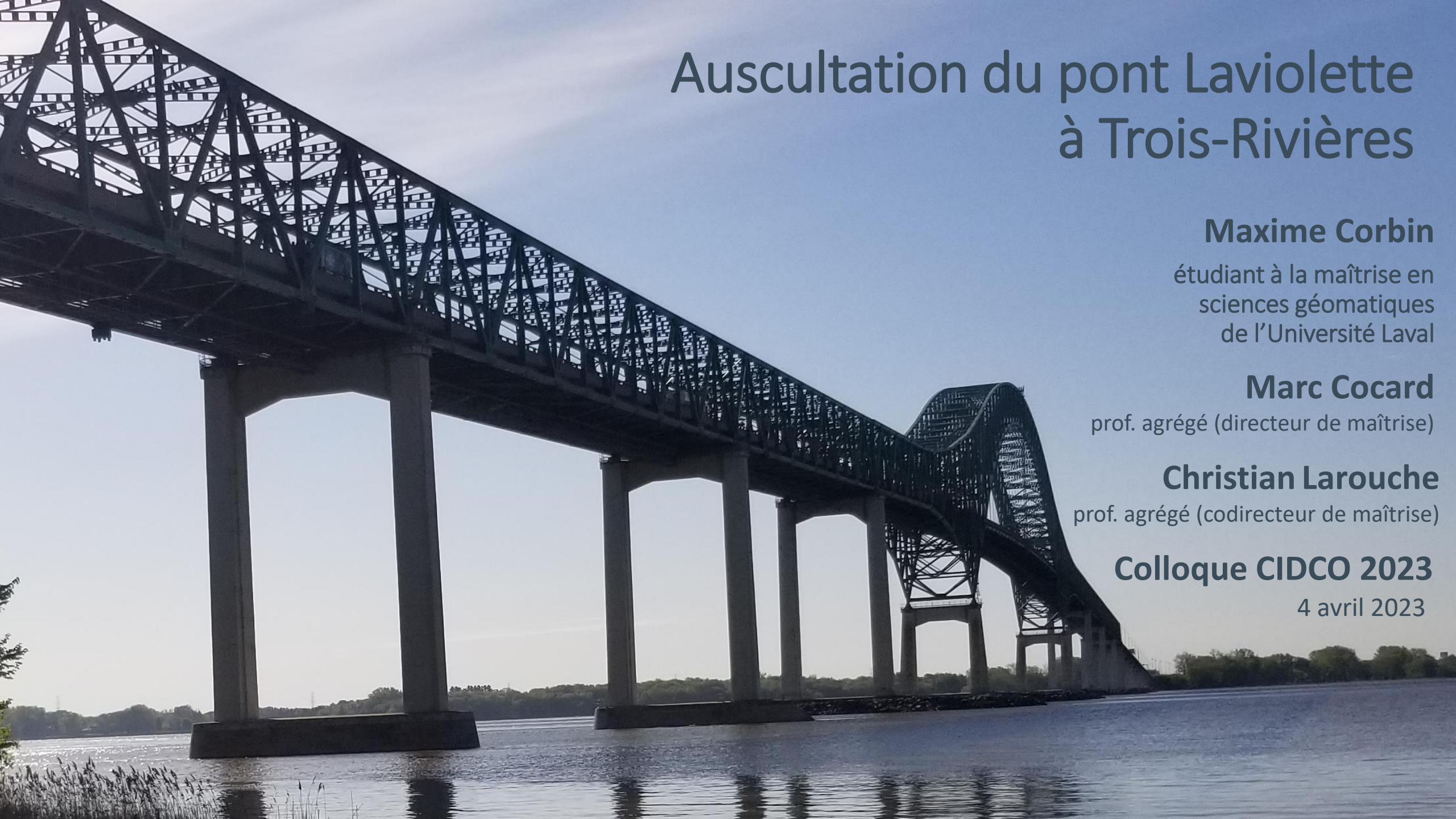


Auscultation du pont Laviolette à Trois-Rivières

Maxime Corbin
étudiant à la maîtrise en sciences géomatiques de l'Université Laval

Marc Cocard
prof. agrégé (directeur de maîtrise)

Christian Larouche
prof. agrégé (codirecteur de maîtrise)

Colloque CIDCO 2023
4 avril 2023

Plan de la présentation

1. Intervenants
2. Problématique
3. Buts du projet
4. Équipements et données
5. Résultats
6. Conclusion
7. Travaux à compléter

1. Intervenants

- Administration portuaire de Montréal
  (Instigateur et promoteur du projet)
  https://www.port-montreal.com/

- Ministère des Transports et de la Mobilité durable
  https://www.transports.gouv.qc.ca/

- Université Laval
  https://www.ulaval.ca/

- Garde côtière canadienne
  https://www.ccg-gcc.gc.ca/index-fra.html

- Service hydrographique du Canada
  https://www.charts.gc.ca/

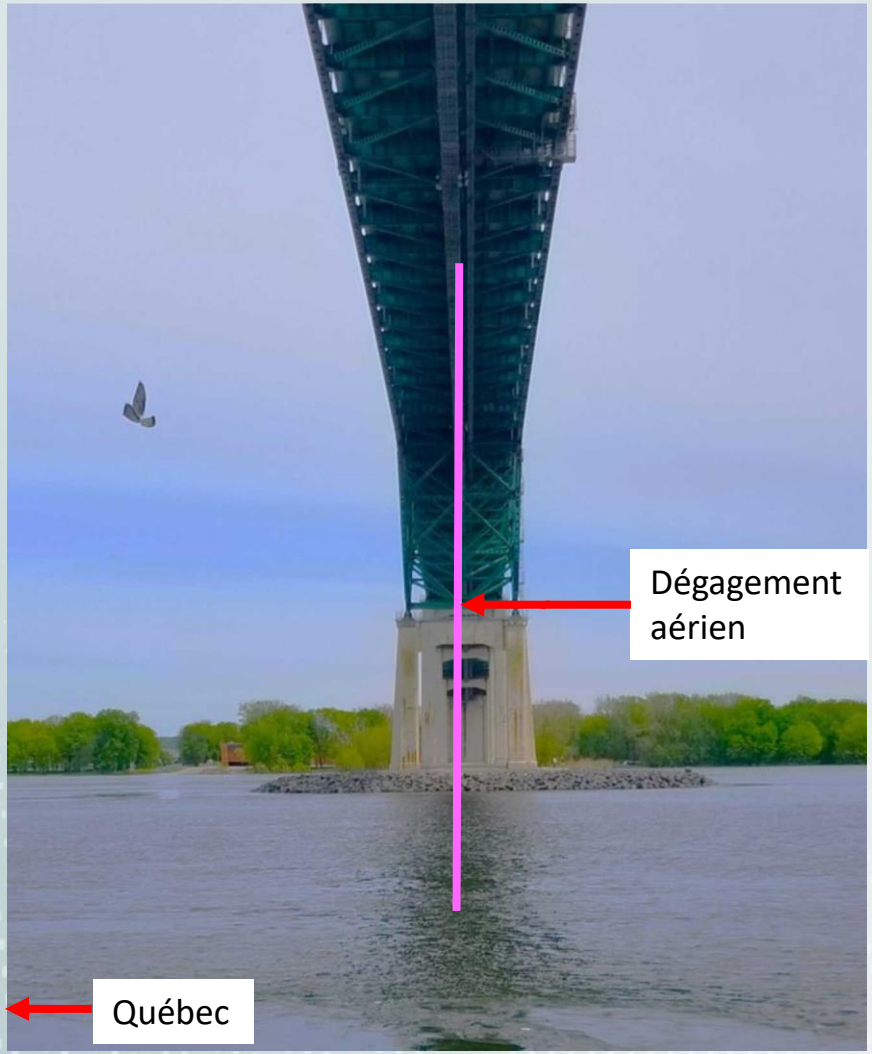
2. Problématique

- Quelques faits concernant le pont Laviolette :
  - Inauguré en 1967
  - Relie Trois-Rivières et Bécancour
  - D’une longueur de 2707 mètres

2. Problématique

- La taille des navires augmente constamment
- Le pont Laviolette est l'obstacle aérien limitant la taille des navires voguant jusqu'au port de Montréal
- On cherche à diminuer la marge de sécurité aérienne imposée au navire (actuellement 1,5 m)

2. Problématique



3. Buts du projet

- Optimisation du dégagement aérien par le raffinement des techniques de mesures et de calcul
- Validation des valeurs transmises par le marégraphe virtuel du SHC sous le pont
- Amélioration du niveau de confiance des calculs permettant une réduction de la marge de sécurité
- Mouvement du pont sous charge ou par suite de variation de température

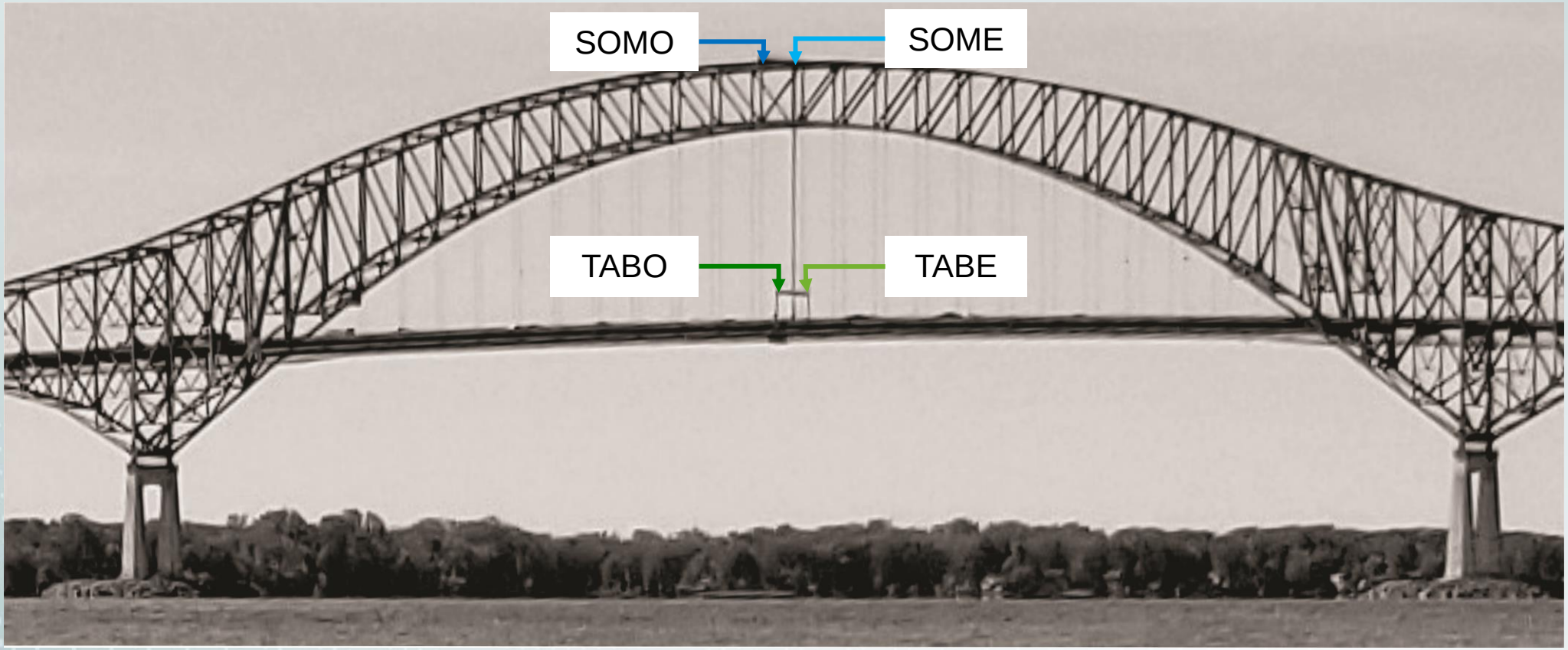
4. Équipements et données

- 4.1 Niveaux d’eau
- 4.2 Antennes GNSS installées au pont
- 4.3 Distancemètre laser
- 4.4 Miros
- 4.5 Données météorologiques
- 4.6 Levé topométrique

4.1 Niveaux d’eau

- **Marégraphe de Trois-Rivières**
  - Situé 4,1 km en aval du pont
  - Niveaux d’eau à la minute, aux trois minutes ou aux 15 minutes
- **Prévision Spine**
  - Prévision du niveau d’eau directement sous le pont Laviolette
  - Produit par le Service hydrographique du Canada
  - Aux trois minutes
- **Marégraphe de Port-Saint-François**
  - Situé 5,9 km en amont du pont
  - Niveaux d’eau à la minute ou aux 15 minutes

4.2 Antennes GNSS installées sur le pont



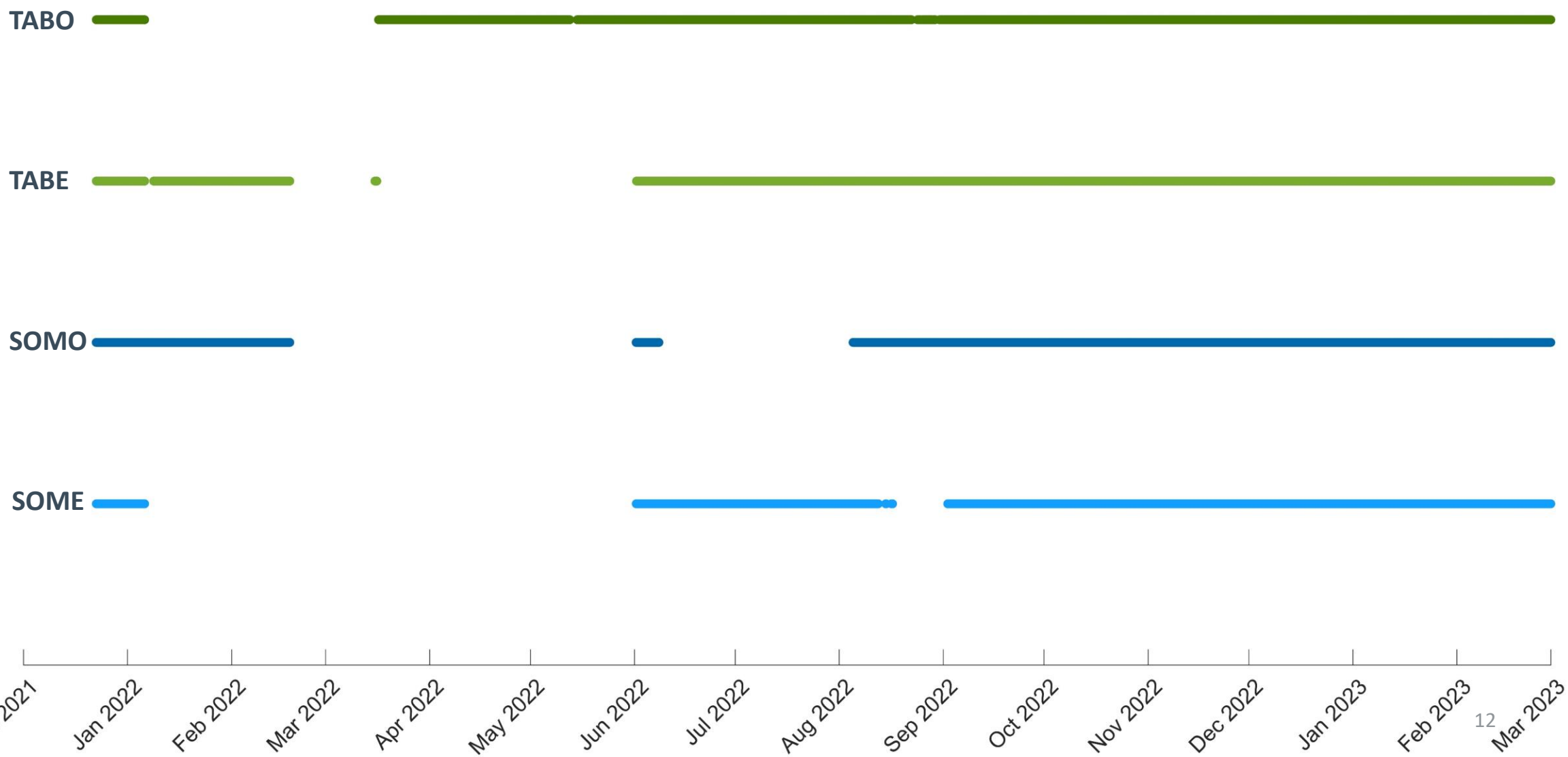
4.2 Antennes GNSS installées sur le pont

Antenne (encerclée en rouge) au sommet du pont

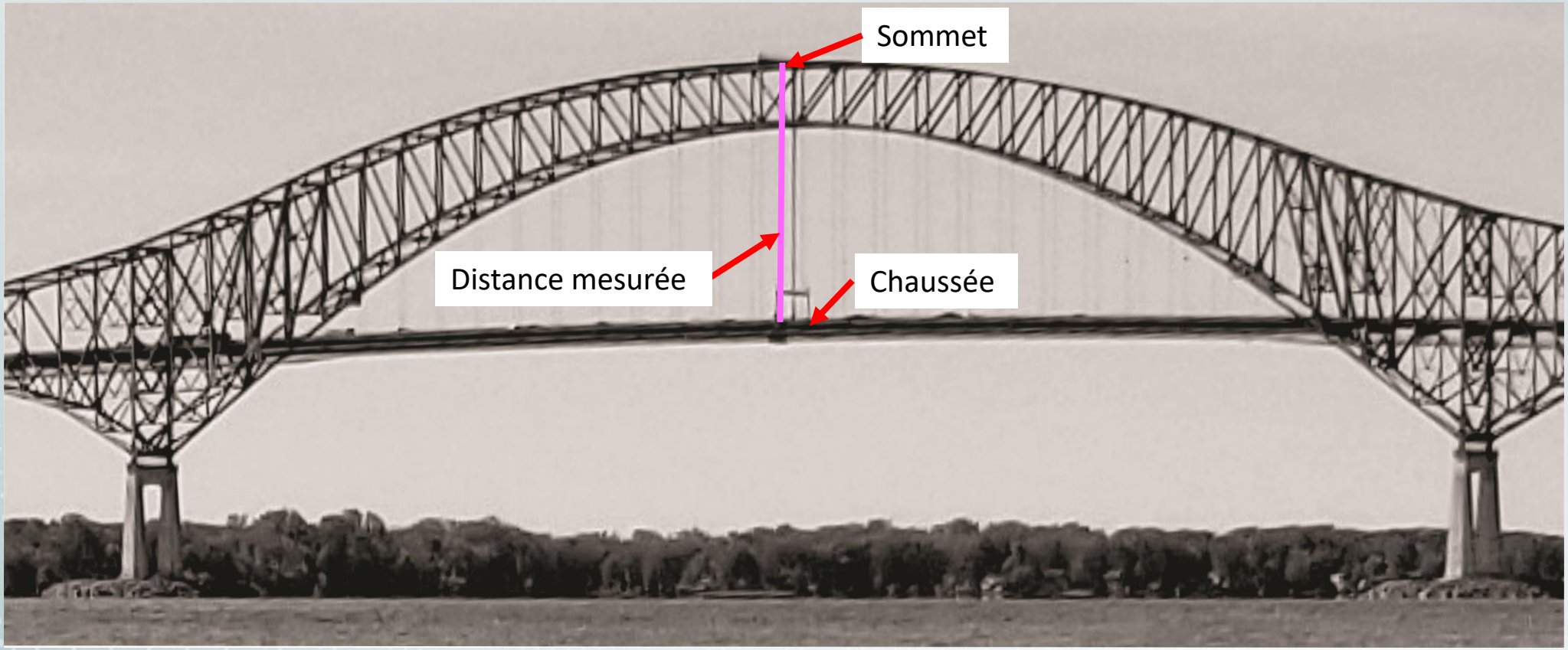
Antenne (encerclée en rouge) au niveau du tablier

- 4 antennes Zephyr 3 Base du fabricant Trimble
- Opérationnelles depuis décembre 2021
- Coordonnées aux 5 secondes
- Qualité de positionnement centimétrique :
  - Solution différentielle impliquant une station permanente à Trois-Rivières (MRNF) à une distance de 4,5 km

Disponibilité des données GNSS des récepteurs situés sur le pont Laviolette



4.3 Distancemètre laser



4.3 Distancemètre laser

- Mesure la distance entre sommet du pont et la chaussée
- Modèle DPE-10-500 du fabricant Dimentix AG
- Opérationnel depuis le 13 juillet 2022
- Fréquence d'échantillonnage : une mesure à chaque 2 ou 3 secondes
- Distances d’une précision millimétrique

4.4 Miros

4.4 Miros

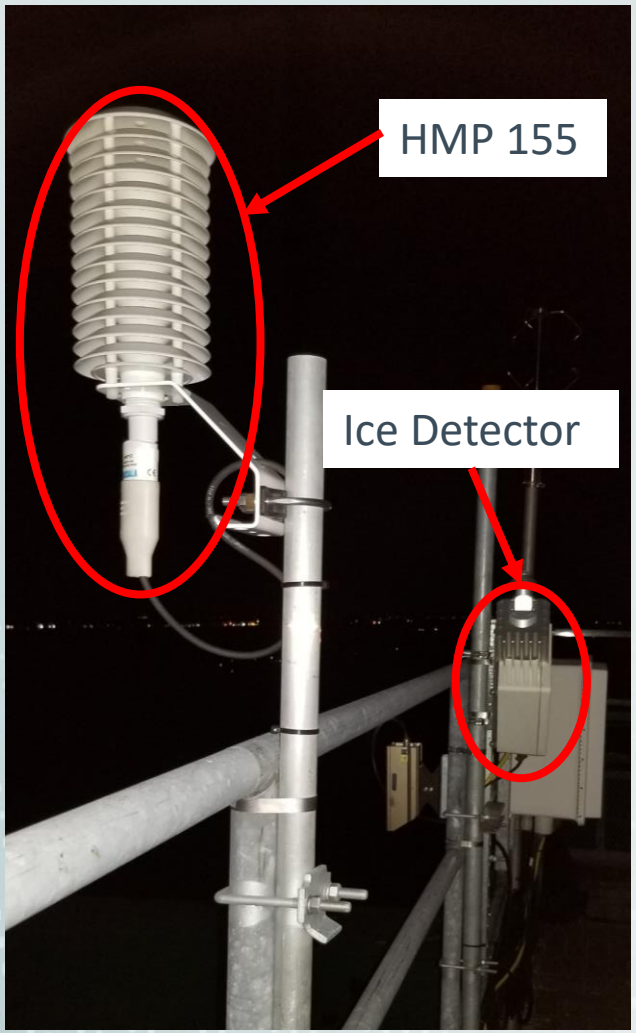
- Mesure la distance entre la surface du fleuve et l'emplacement du miros
- Modèle SM-140/N Rangefinder du fabricant Miros
- Opérationnel depuis le 31 octobre 2022
- Fréquence d'échantillonnage : un enregistrement par seconde
- Précision de quelques mm

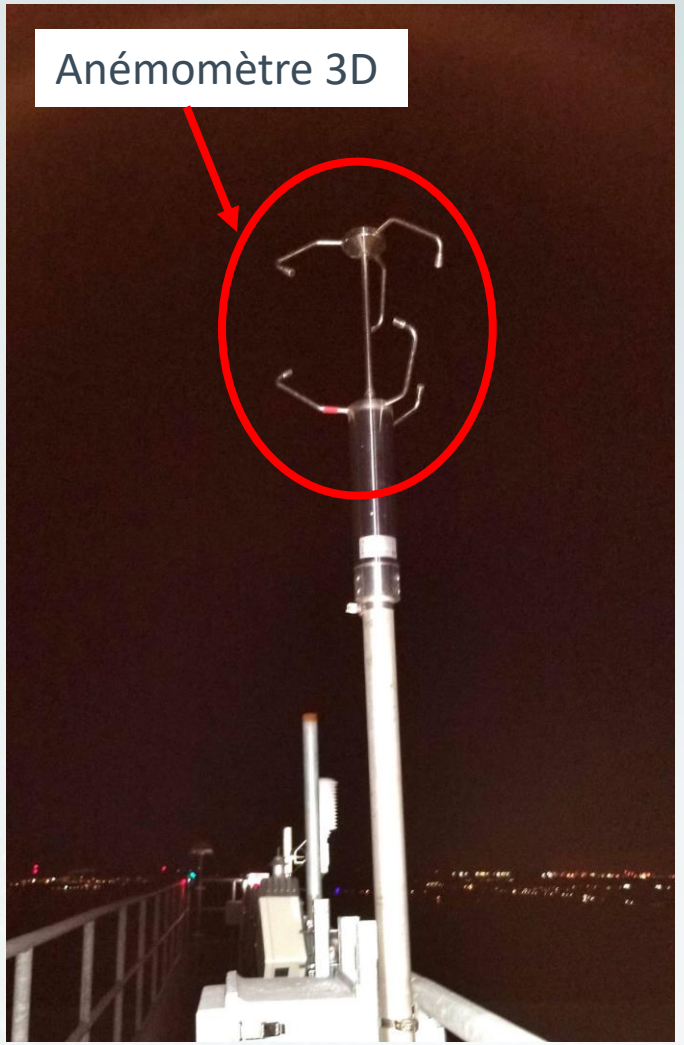
4.5 Données météorologiques

Nom du capteur	Données mesurées	Fréquence d'échantillonnage
HMP 155	Température (°C) Humidité relative (%)	Aux 10 minutes
Ice Detector	Épaisseur de la glace sur la structure (mm)	Aux 10 minutes
Anémomètre 3D	Vitesse du vent (m/s) selon 3 axes (Est – Nord – Vertical)	À chaque 0,5 seconde

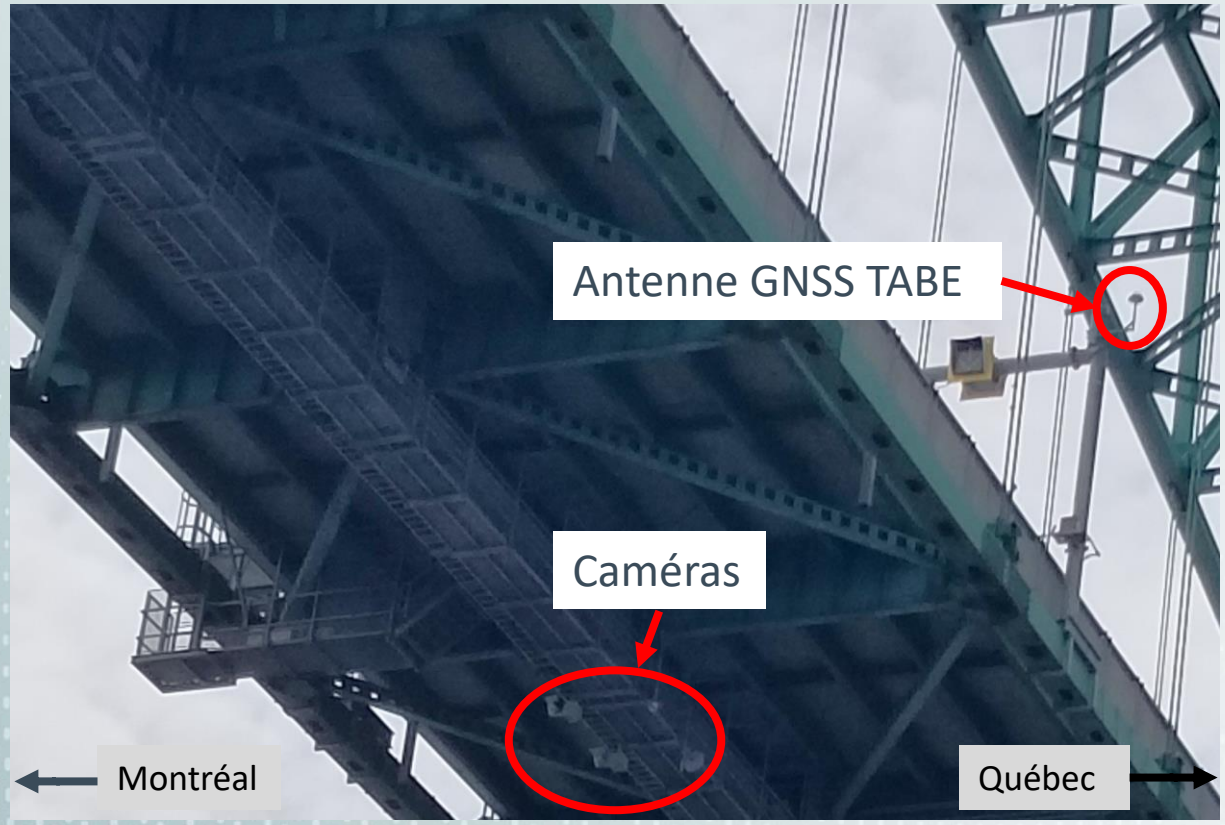
Données disponibles depuis le 25 août 2022

4.5 Données météorologiques





4.6 Levé topométrique



- But du levé :
  1. Positionner tous les objets sous le pont pouvant impacter le dégagement
  2. Déterminer les positions relatives des différents senseurs
- Réalisé le 21 juin 2022 à l'aide d'une station totale Leica MS-60

5. Résultats*

5.1 Hauteurs sommet-chaussée (solution GNSS)

- Période de décembre 2021 à février 2023

5.2 Distance sommet-chaussée (distancemètre laser)

- Période du 2 au 5 novembre 2022

5.3 Distance chaussée-fleuve (distancemètre Miros)

- Période du 2 au 5 novembre 2022

5.4 Niveaux d'eau (marégraphes)

- Période du 2 au 5 novembre 2022
- Différence maximale 2022

* Il s'agit de résultats préliminaires et des analyses plus approfondies restent à faire

5.1 Hauteurs sommet-chaussée (solution GNSS)

Hauteurs moyennes du récepteur SOME

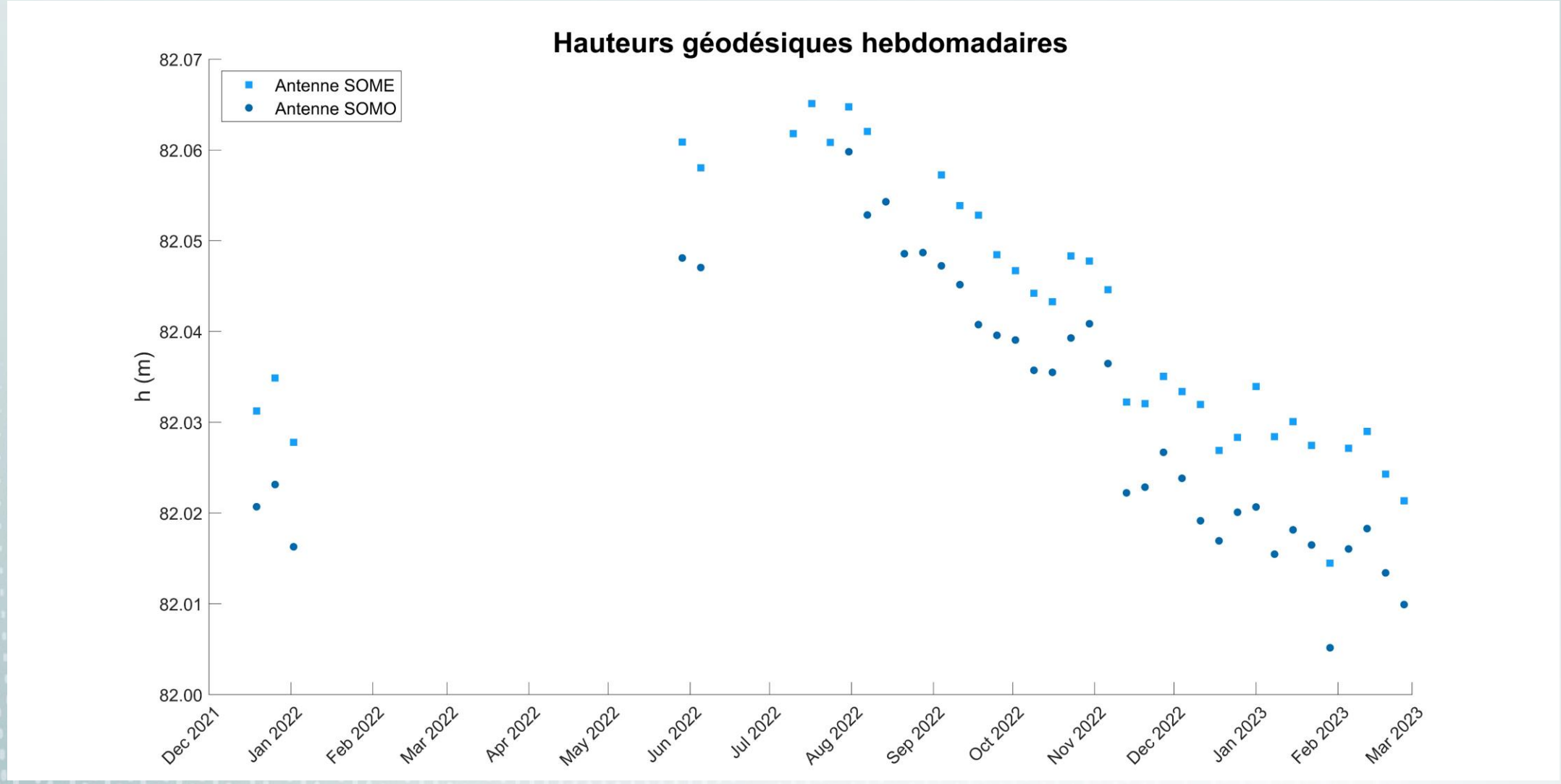
Période	Moyenne (m)	Médiane (m)	Écart-type (m)	T (°C) pont	T (°C) marina
22 au 31 décembre 2021	82,033	82,034	0,008	n.d.	-7,3
1er au 6 janvier 2022	82,030	82,031	0,010	n.d.	-7,7
1er au 7 juin 2022	82,060	82,059	0,012	n.d.	15,5
13 au 31 juillet 2022	82,063	82,063	0,015	n.d.	20,5
1er au 12 août 2022	82,064	82,063	0,014	n.d.	20,7
4 au 30 septembre 2022	82,053	82,053	0,013	14,8	15,1
1er au 31 octobre 2022	82,046	82,045	0,013	10,2	10,0
1er au 30 novembre 2022	82,038	82,037	0,013	3,1	3,4
1er au 31 décembre 2022	82,031	82,031	0,010	-2,7	-2,1
1er au 31 janvier 2023	82,029	82,029	0,011	-5,5	-4,8
1er au 28 février 2023	82,024	82,025	0,017	-8,4	-8,1

5.1 Hauteurs sommet-chaussée (solution GNSS)

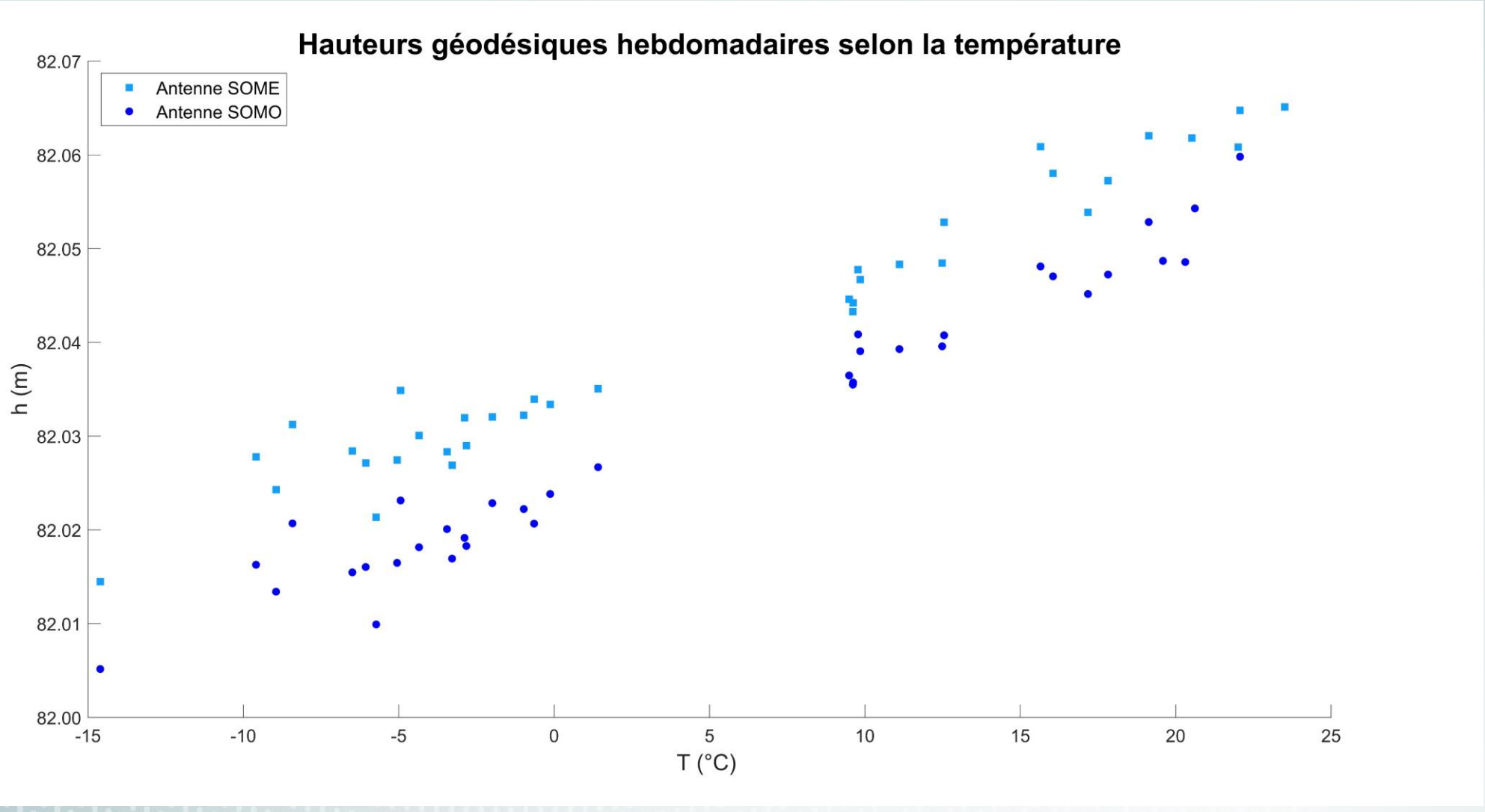
Hauteurs moyennes du récepteur SOMO

Période	Moyenne (m)	Médiane (m)	Écart-type (m)	T (°C) pont	T (°C) marina
22 au 31 décembre 2021	82,022	82,022	0,008	n.d.	-7,3
1er au 6 janvier 2022	82,018	82,018	0,010	n.d.	-7,7
1er au 7 juin 2022	82,048	82,047	0,013	n.d.	15,5
5 au 24 août 2022	82,053	82,051	0,015	n.d.	20,5
25 au 31 août 2022	82,050	82,050	0,015	19,3	19,9
1er au 30 septembre 2022	82,044	82,043	0,014	14,8	15,2
1er au 31 octobre 2022	82,038	82,037	0,014	10,2	10,0
1er au 30 novembre 2022	82,029	82,028	0,014	3,1	3,4
1er au 31 décembre 2022	82,021	82,020	0,010	-2,7	-2,1
1er au 31 janvier 2023	82,017	82,017	0,012	-5,5	-4,8
1er au 28 février 2023	82,013	82,014	0,018	-8,4	-8,1

5.1 Hauteurs sommet-chaussée (solution GNSS)



5.1 Hauteurs sommet et chaussée (Solution GNSS)



5.1 Hauteurs sommet-chaussée (solution GNSS)

Hauteurs moyennes de l'antenne TABE

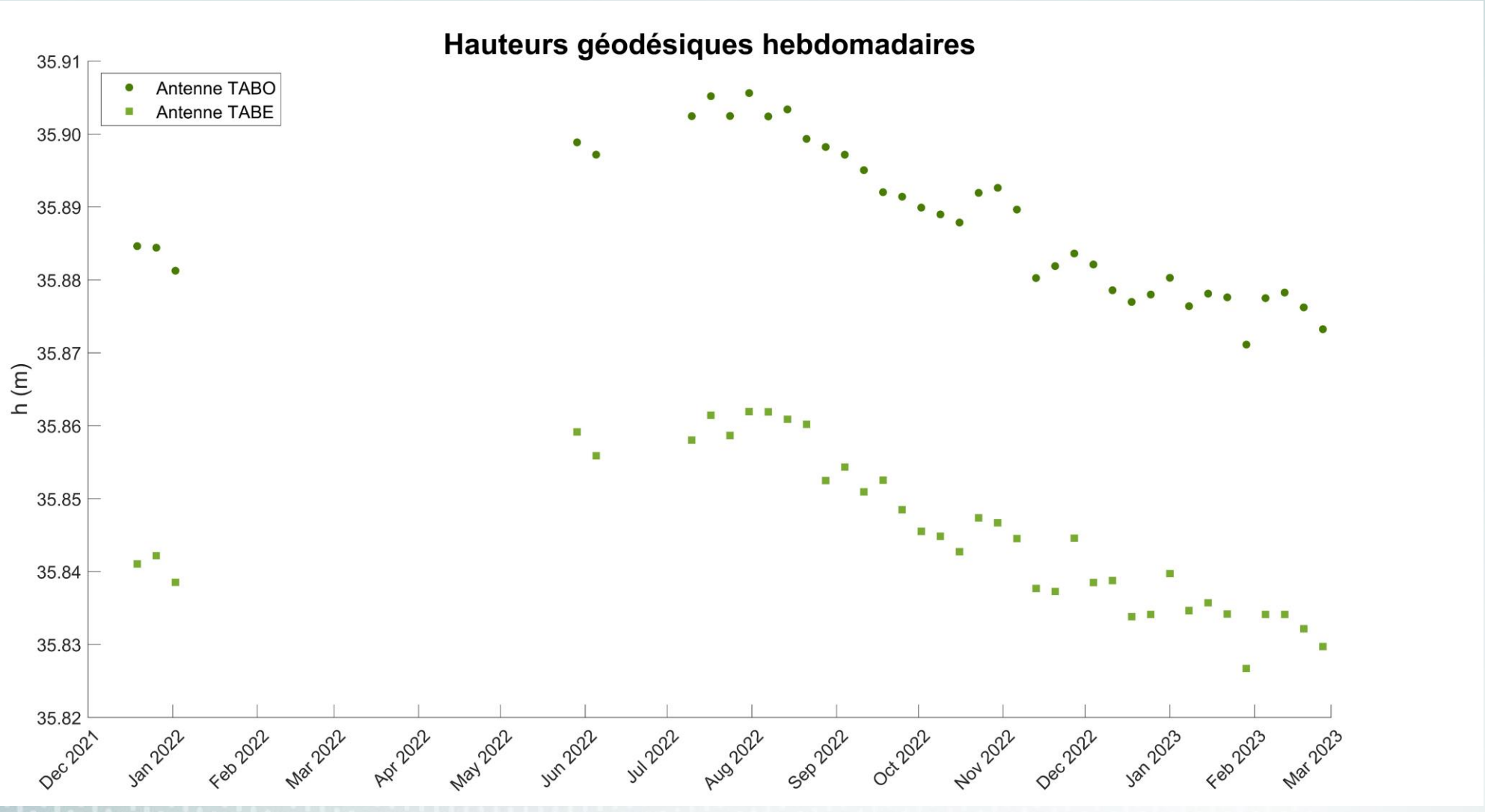
Période	Moyenne (m)	Médiane (m)	Écart-type (m)	T (°C) pont	T (°C) marina
22 au 31 décembre 2021	35,842	35,841	0,021	n.d.	-7,3
1er au 6 janvier 2022	35,840	35,839	0,021	n.d.	-7,7
1er au 7 juin 2022	35,858	35,858	0,023	n.d.	15,5
13 au 31 juillet 2022	35,860	35,860	0,024	n.d.	20,5
1er au 22 août 2022	35,861	35,861	0,024	n.d.	20,8
1er au 30 septembre 2022	35,857	35,858	0,024	14,8	15,2
1er au 31 octobre 2022	35,845	35,845	0,026	10,2	10,0
1er au 30 novembre 2022	35,842	35,842	0,024	3,1	3,4
1er au 31 décembre 2022	35,836	35,837	0,022	-2,7	-2,1
1er au 31 janvier 2023	35,836	35,836	0,023	-5,5	-4,8
1er au 28 février 2023	35,832	35,831	0,025	-8,4	-8,1

5.1 Hauteurs sommet-chaussée (solution GNSS)

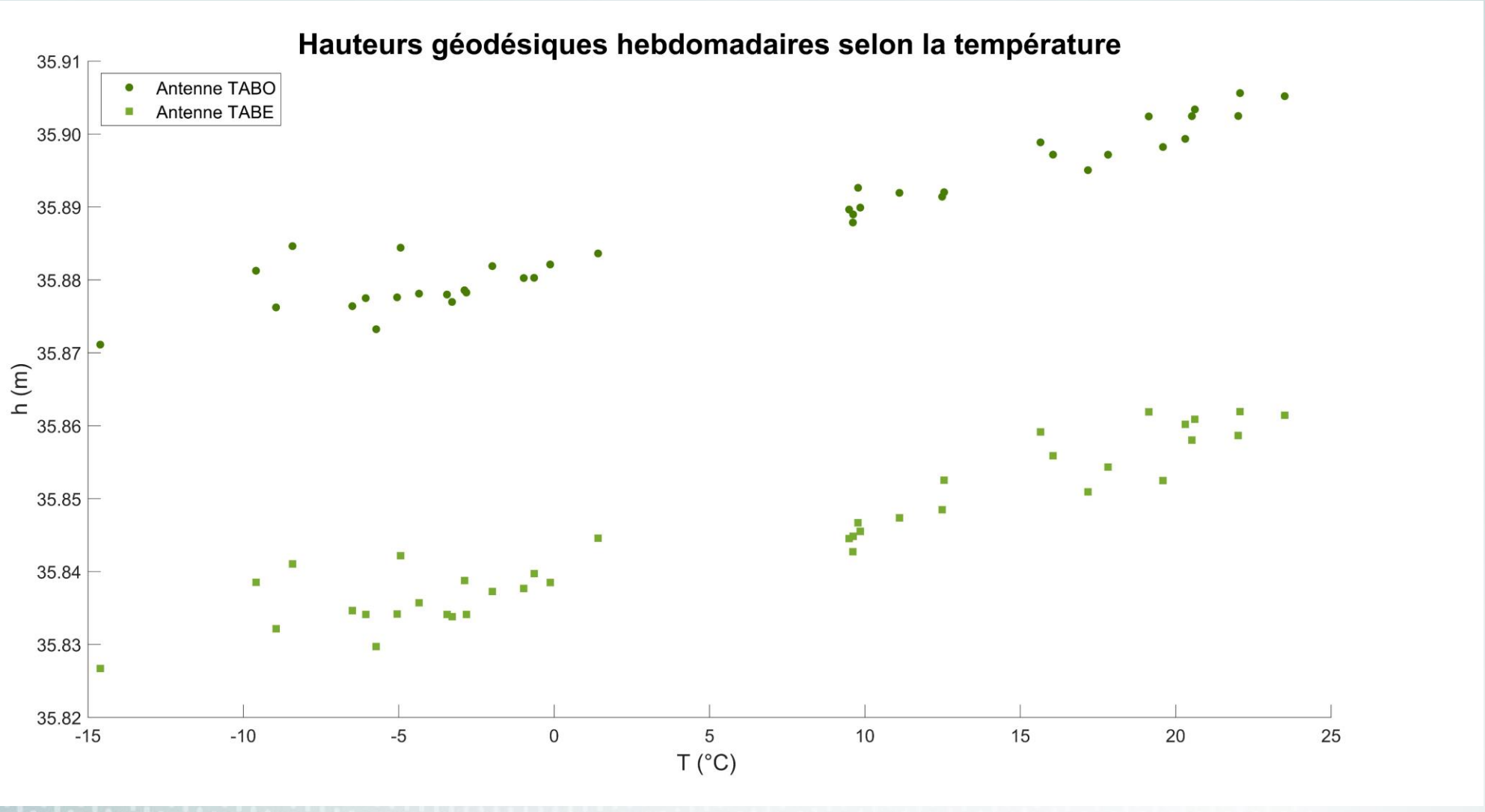
Hauteurs moyennes de l'antenne TABO

Période	Moyenne (m)	Médiane (m)	Écart-type (m)	T (°C) pont	T (°C) marina
22 au 31 décembre 2021	35,884	35,885	0,024	n.d.	-7,3
1er au 6 janvier 2022	35,882	35,882	0,025	n.d.	-7,7
1er au 7 juin 2022	35,898	35,899	0,024	n.d.	15,5
13 au 31 juillet 2022	35,904	35,904	0,028	n.d.	20,5
1er au 22 août 2022	35,904	35,904	0,035	19,3	20,8
1er au 30 septembre 2022	35,896	35,896	0,028	14,8	15,2
1er au 31 octobre 2022	35,890	35,891	0,026	10,2	10,0
1er au 30 novembre 2022	35,885	35,886	0,027	3,1	3,4
1er au 31 décembre 2022	35,880	35,880	0,025	-2,7	-2,1
1er au 31 janvier 2023	35,878	35,879	0,027	-5,5	-4,8
1er au 28 février 2023	35,876	35,876	0,027	-8,4	-8,1

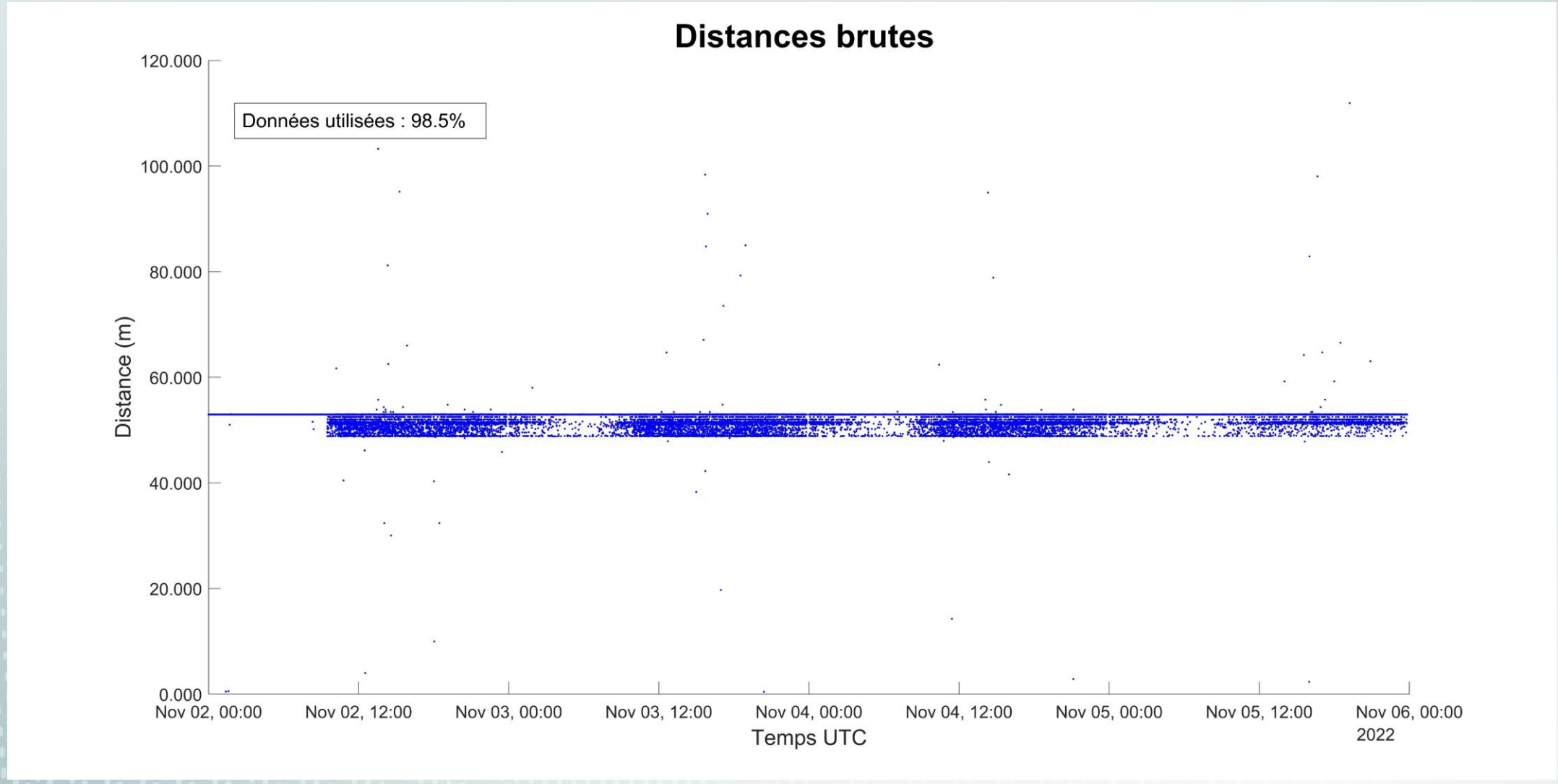
5.1 Hauteurs sommet-chaussée (solution GNSS)



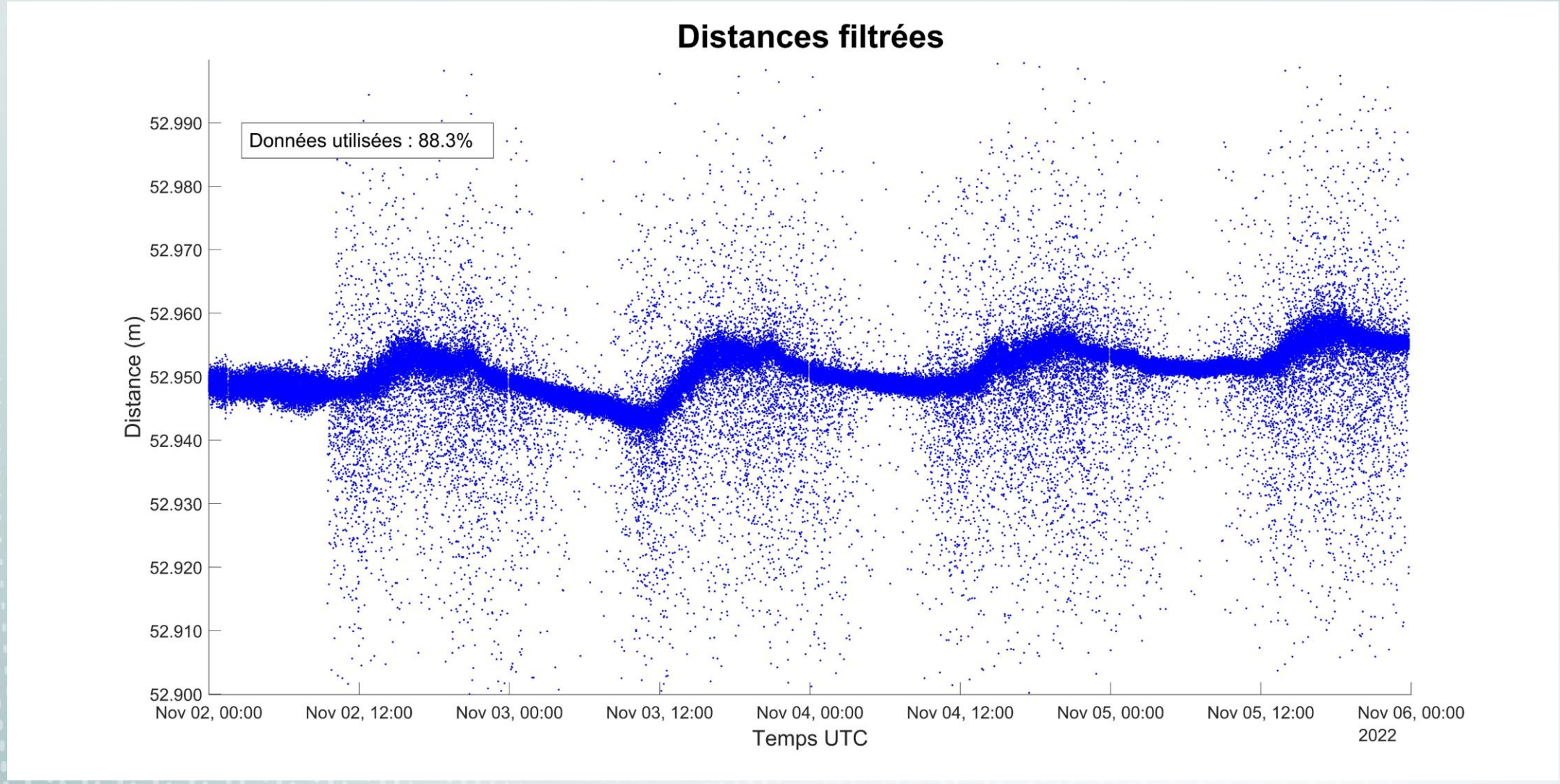
5.1 Hauteurs sommet-chaussée (solution GNSS)



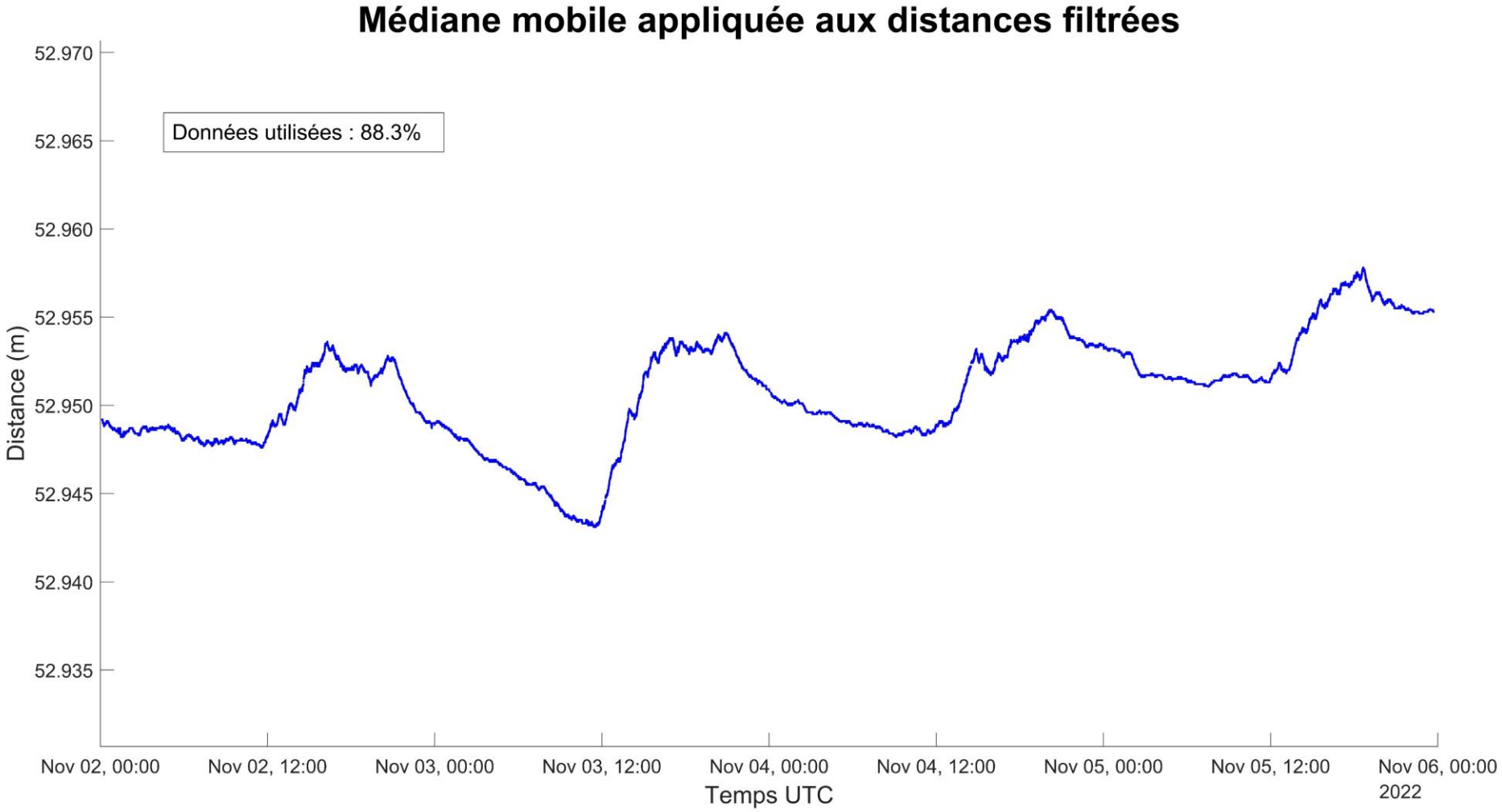
5.2 Distance sommet-chaussée (distancemètre laser)



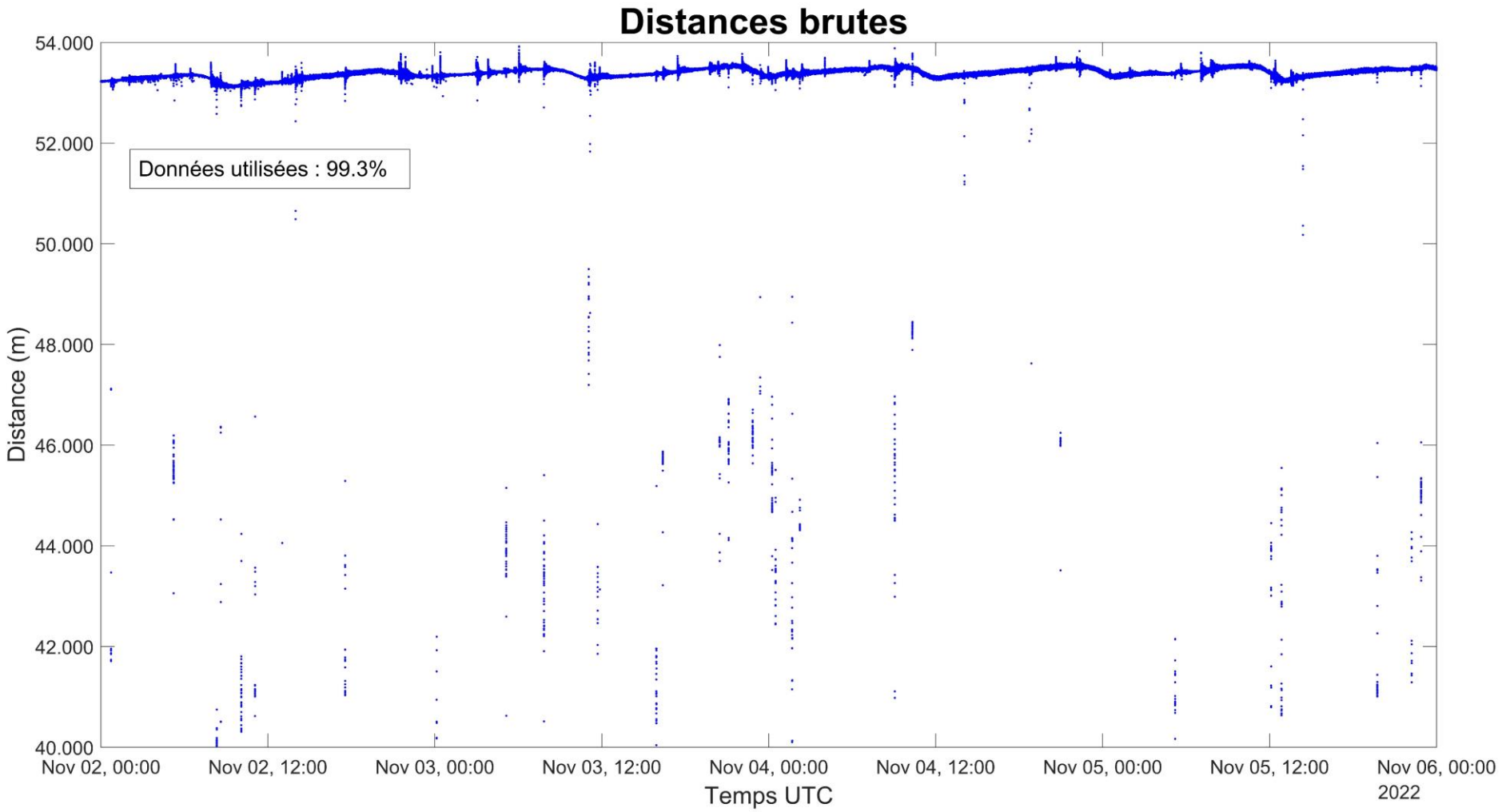
5.2 Distance sommet-chaussée (distancemètre laser)



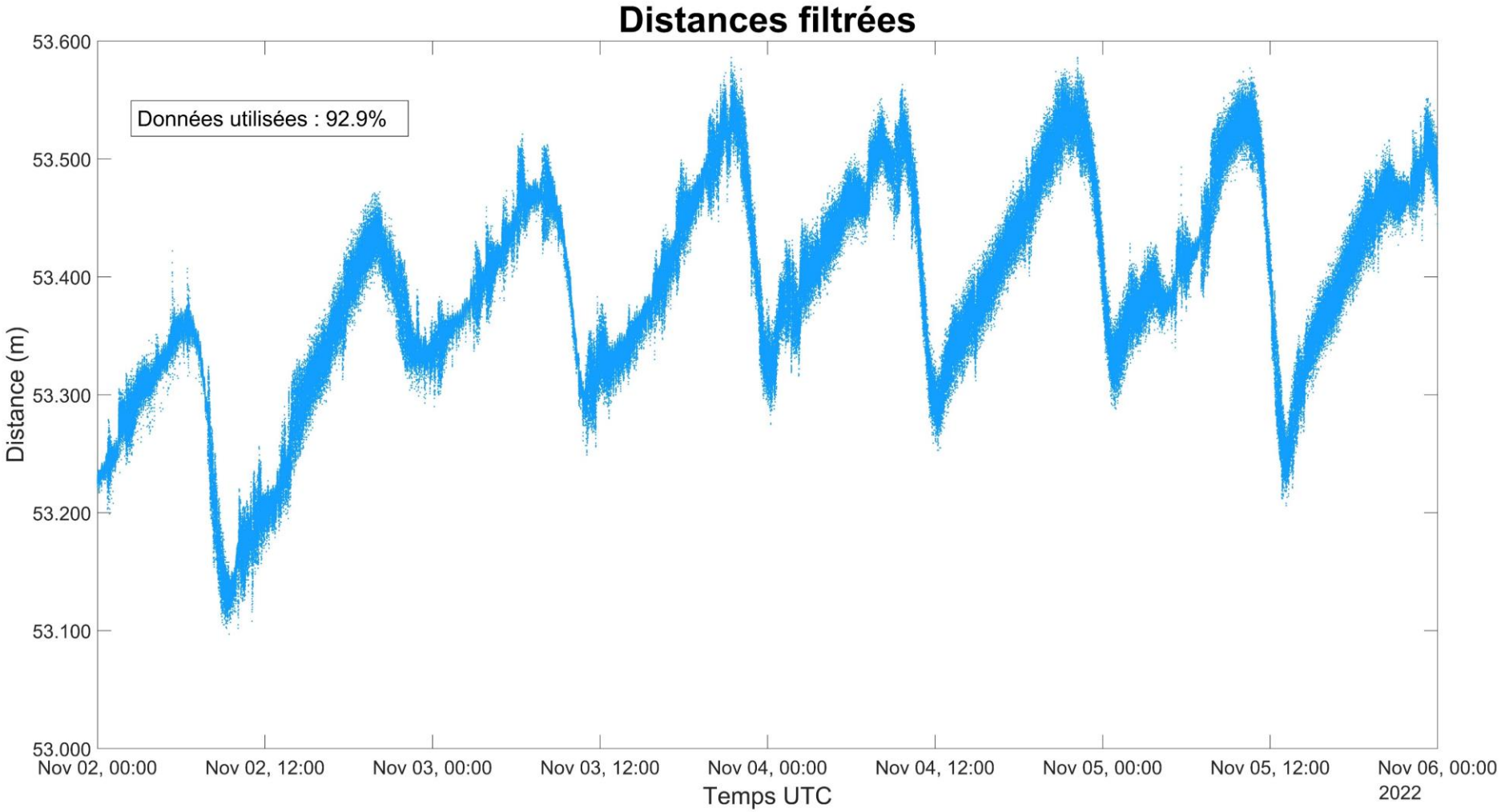
5.2 Distance sommet-chaussée (distancemètre laser)



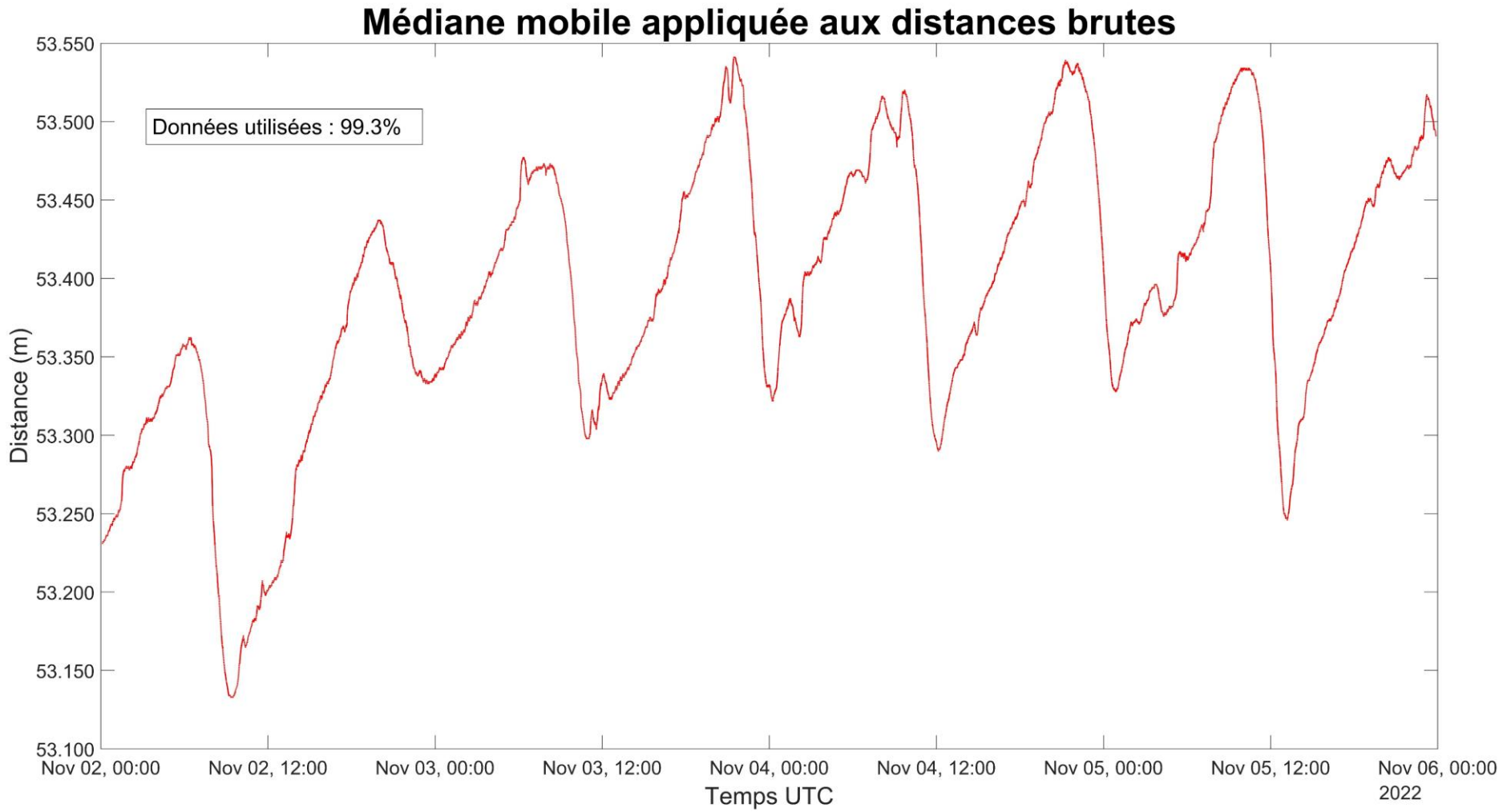
5.2 Distance chaussée-fleuve (distancemètre Miros)



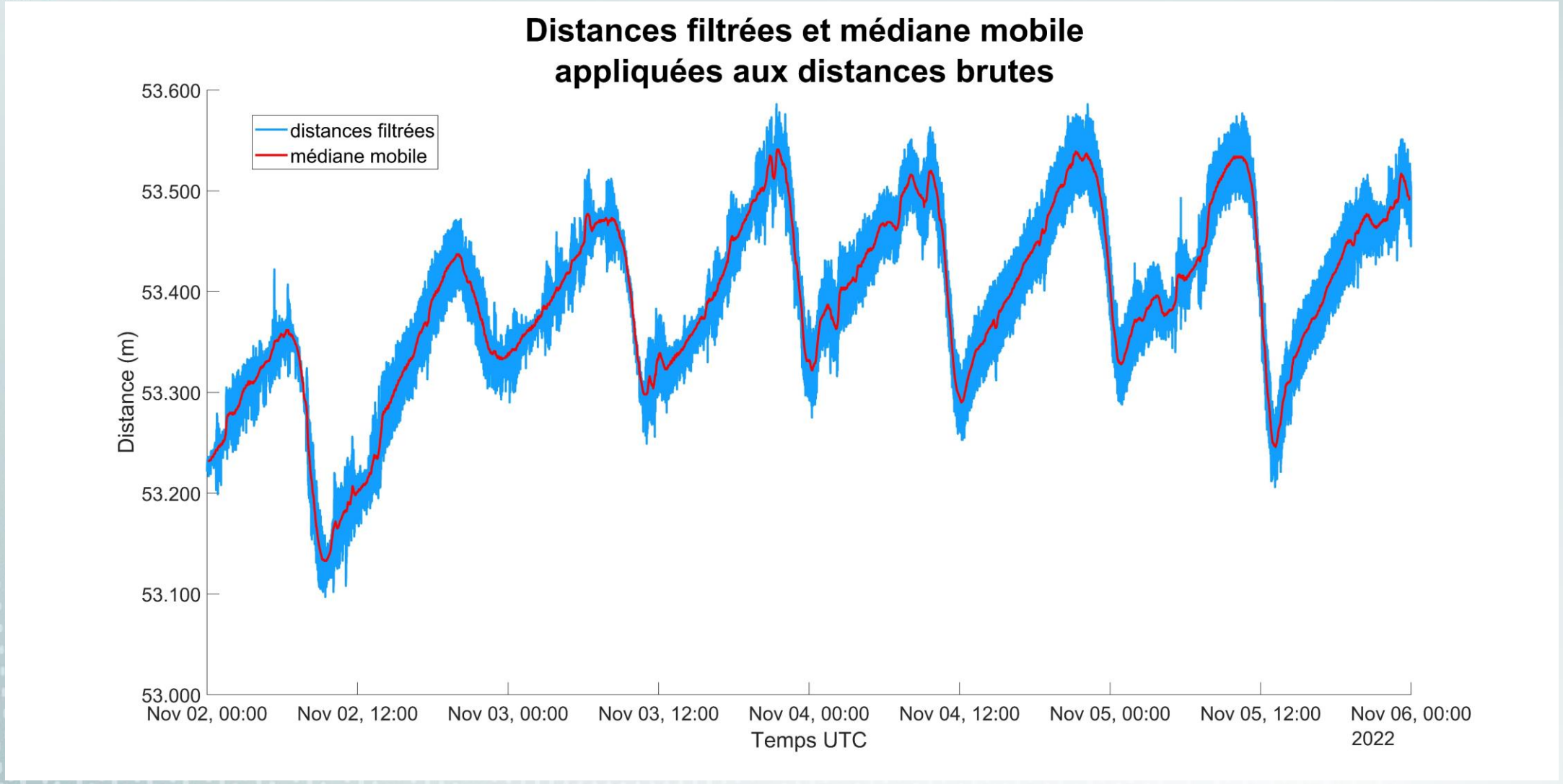
5.2 Distance chaussée-fleuve (distancemètre Miros)



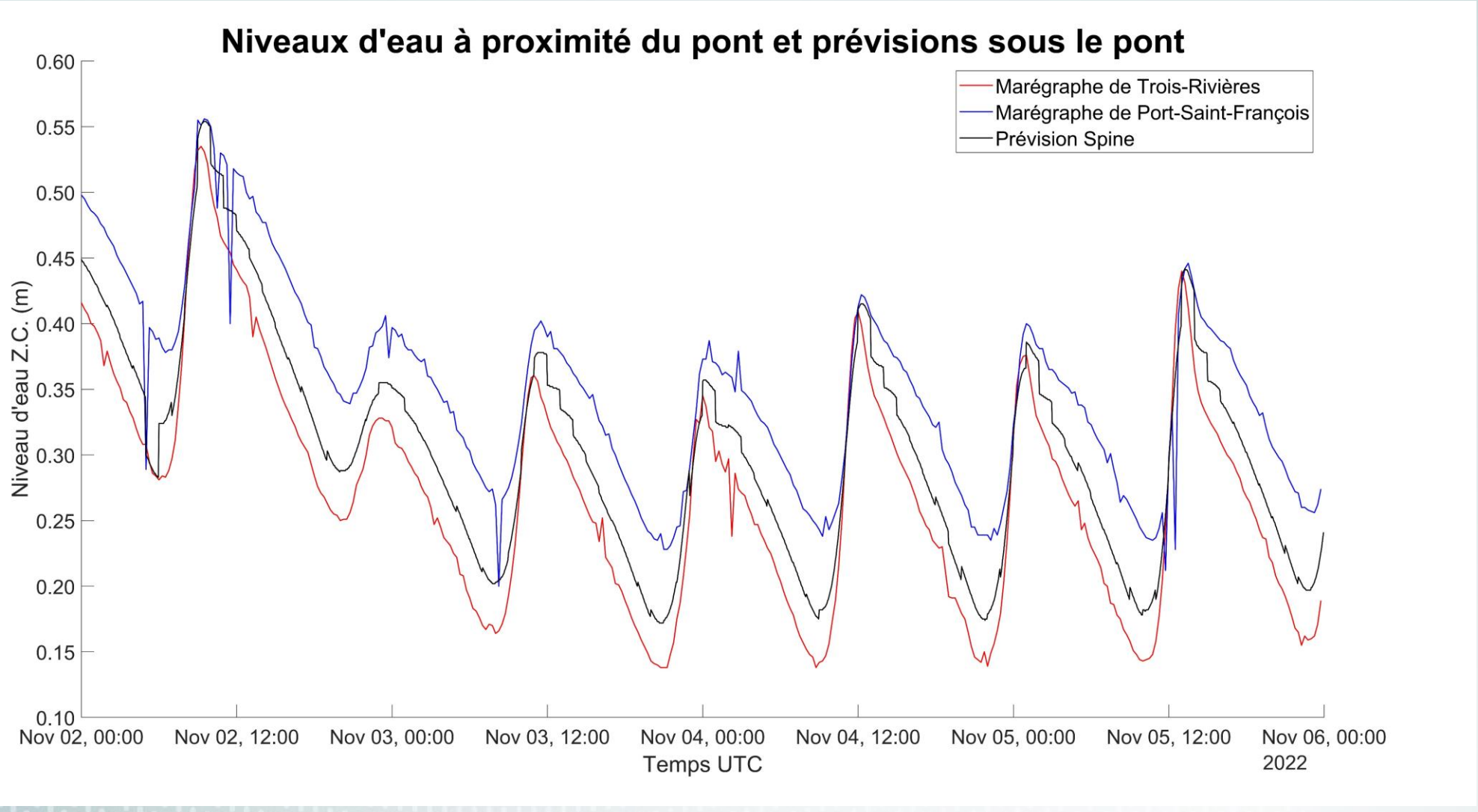
5.2 Distance chaussée-fleuve (distancemètre Miros)



5.2 Distance chaussée-fleuve (distancemètre Miros)



5.4 Niveaux d’eau (marégraphes)



5.4 Niveaux d’eau (marégraphes)

Différences maximales de niveaux d’eau pour 2022

Lieu	Niveau d’eau minimal (m)	Date	Niveau d’eau maximal (m)	Date	Écart max-min (m)
Trois-Rivières	0,138	2022-11-03	2,989	2022-04-20	2,851
Port-St-François	0,200	2022-11-03	3,085	2022-04-20	2,885
Sous le pont (prévision Spine)	0,172	2022-11-03	3,010	2022-04-20	2,838

6. Conclusion

- **Le pont Laviolette montre peu de déformation**
  - La variation en hauteur au sommet est inférieure à 5 cm
  - La variation de la distance entre sommet et chaussée est inférieure à 2 cm
  - Ces variations sont hautement corrélées avec la température

- **Le niveau d'eau est la composante qui affecte le plus le dégagement aérien (décimètre à mètre)**

7. Travaux à compléter

- Traitement des données des différents capteurs jusqu'en mai ou juin 2023

- Rédaction du mémoire et possiblement d'un article

Remerciements

Administration portuaire de Montréal (APM) pour la bourse d'étude

Stéphanie Bourgon, responsable de travaux pratiques et de recherche à l'Université Laval

Équipe d'arpentage de l'APM et du MTMD pour le levé topométrique

Le Service hydrographique du Canada et la Garde côtière canadienne