

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 du Québec
<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

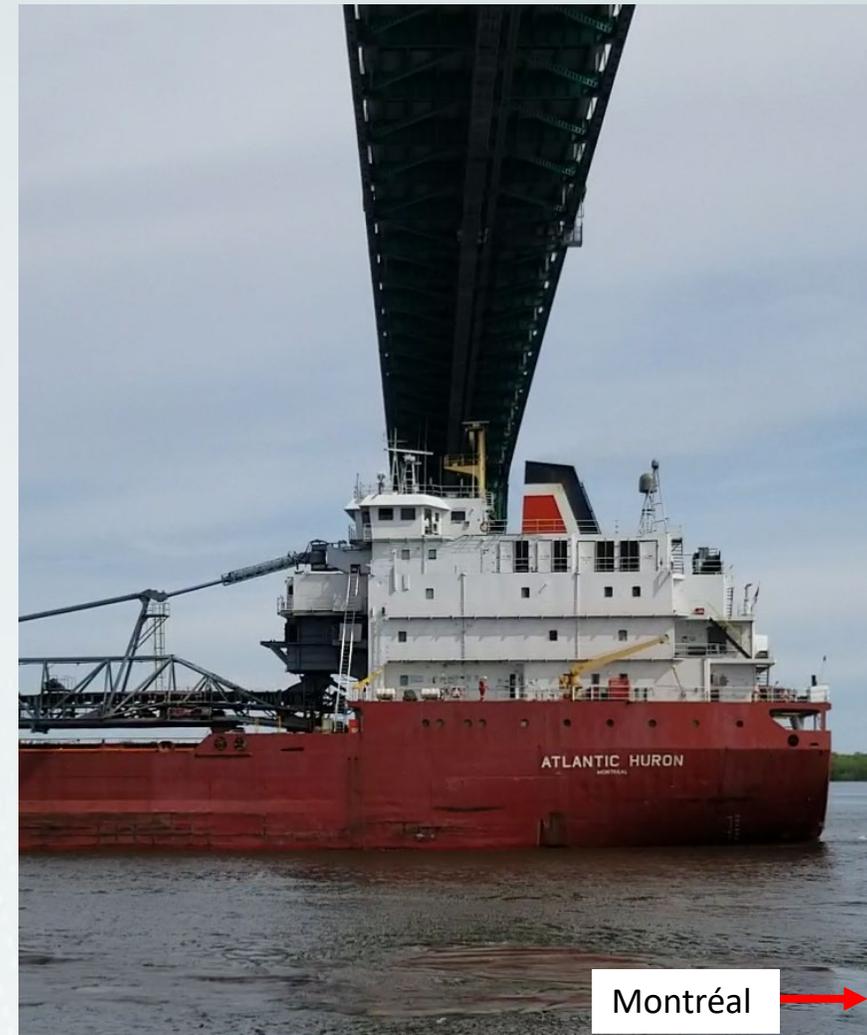
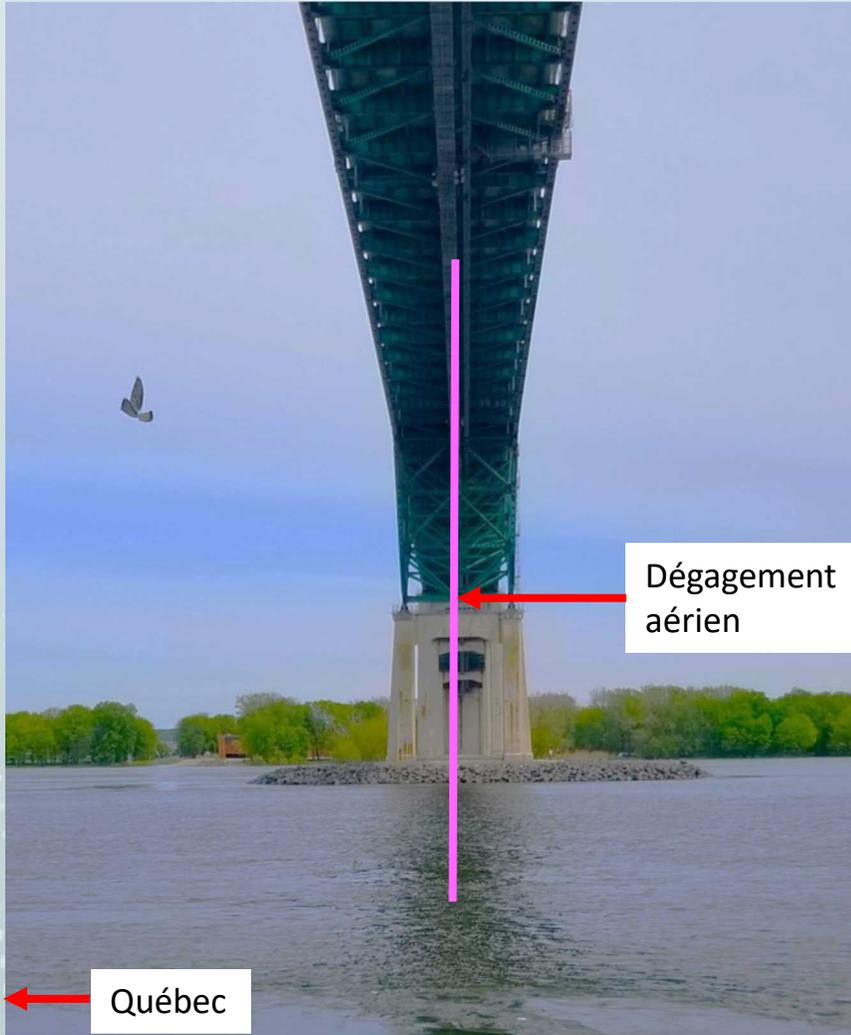


2. Problématique

- 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

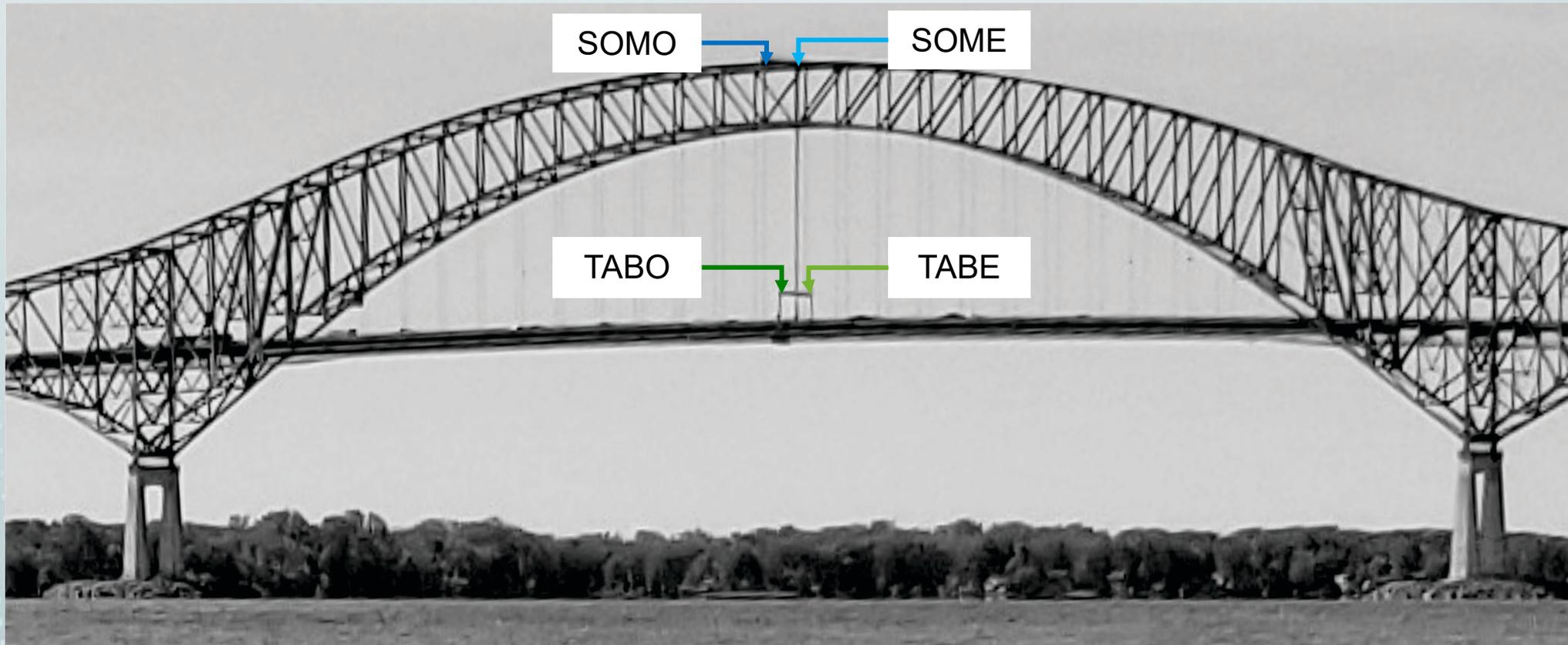
- 4.1 Niveaux d'eau
- 4.2 Antennes GNSS installées au pont
- 4.3 Distancemètre laser
- 4.4 Miros
- 4.5 Données météorologiques
- 4.6 Levé topométrique

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

TABO



TABE



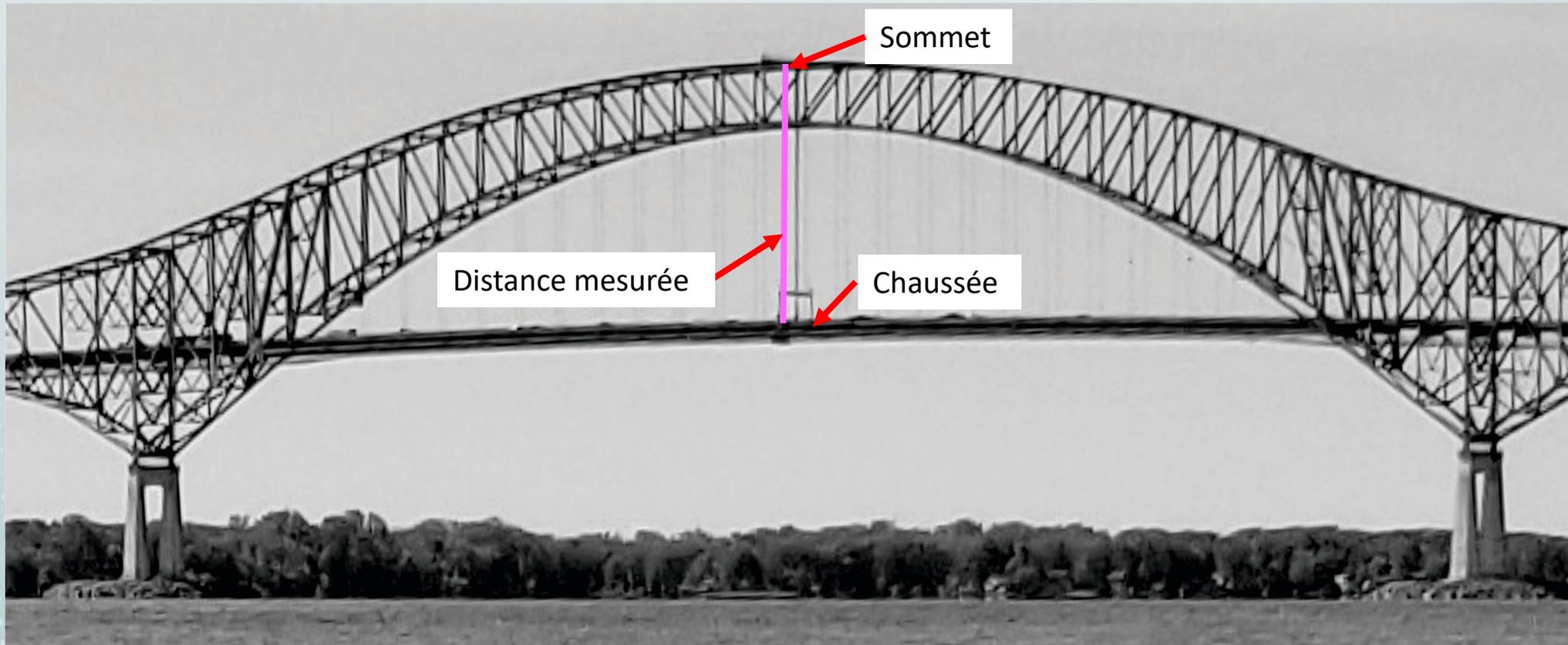
SOMO



SOME



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



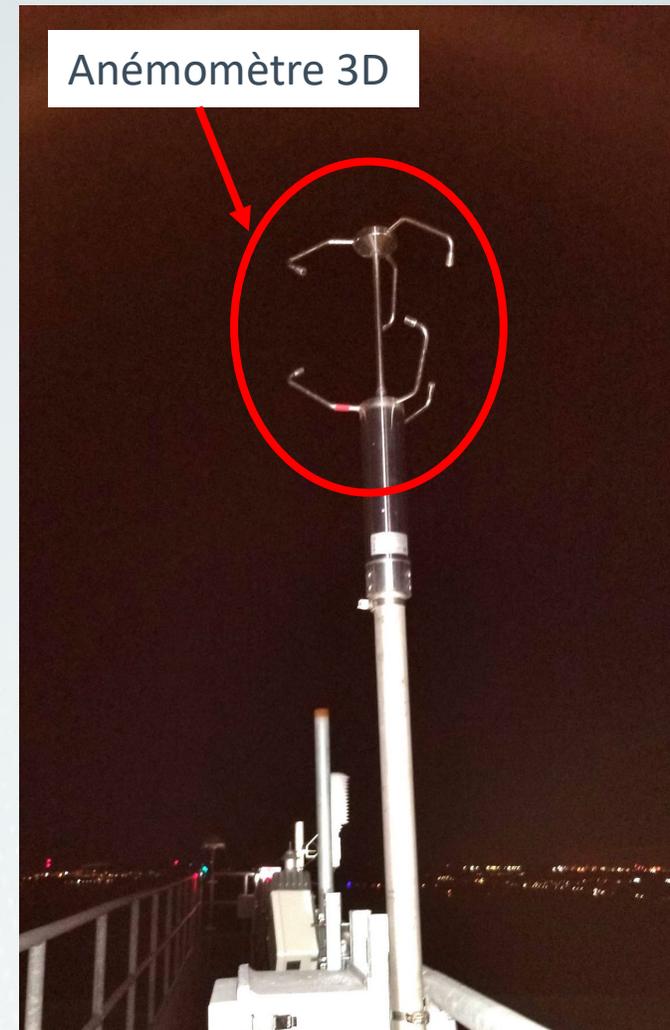
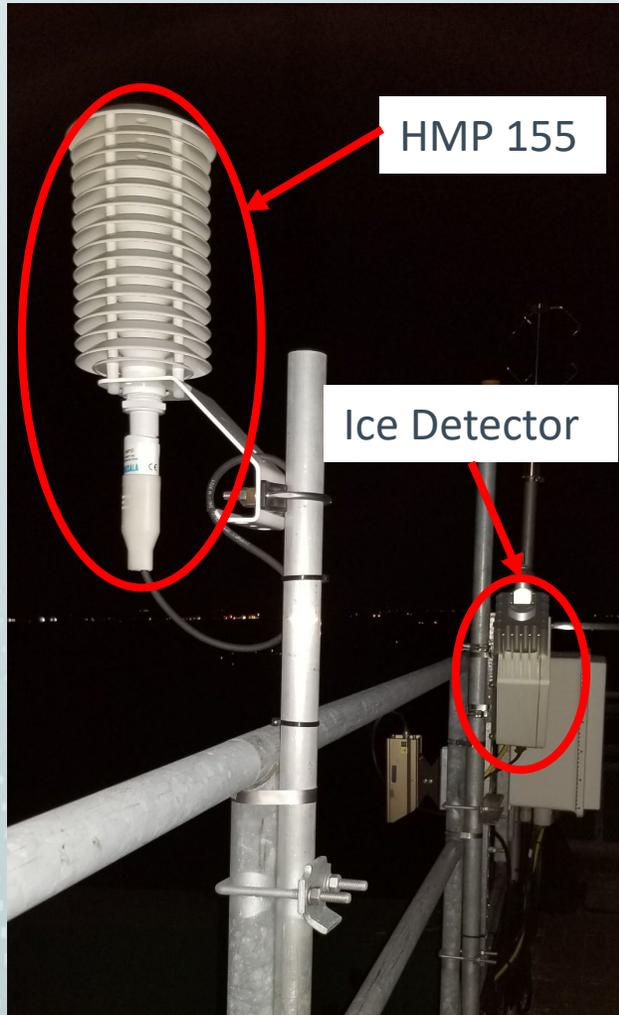
4.5 Données météorologiques

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

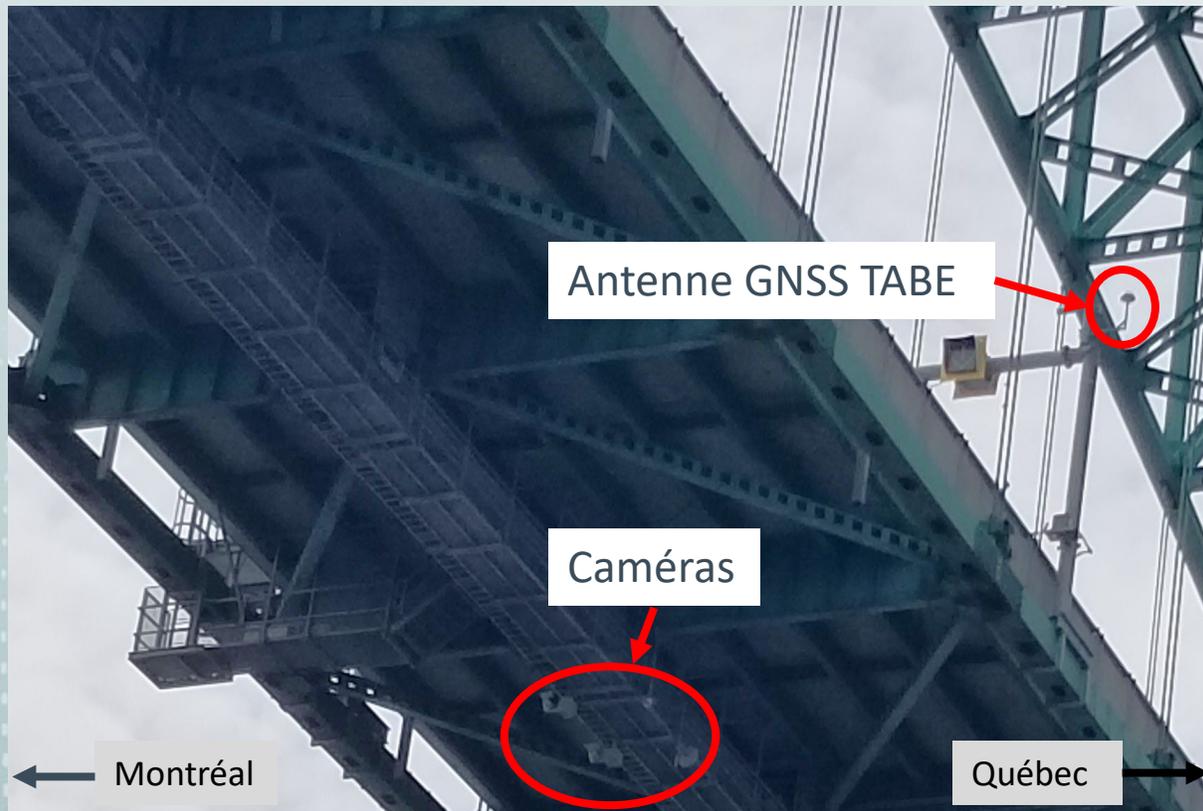


4.5 Données météorologiques





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
1 ^{er} au 6 janvier 2022	82,030	82,031	0,010	n.d.	-7,7
1 ^{er} 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
1 ^{er} 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
1 ^{er} au 31 octobre 2022	82,046	82,045	0,013	10,2	10,0
1 ^{er} au 30 novembre 2022	82,038	82,037	0,013	3,1	3,4
1 ^{er} au 31 décembre 2022	82,031	82,031	0,010	-2,7	-2,1
1 ^{er} au 31 janvier 2023	82,029	82,029	0,011	-5,5	-4,8
1 ^{er} au 28 février 2023	82,024	82,025	0,017	-8,4	-8,1

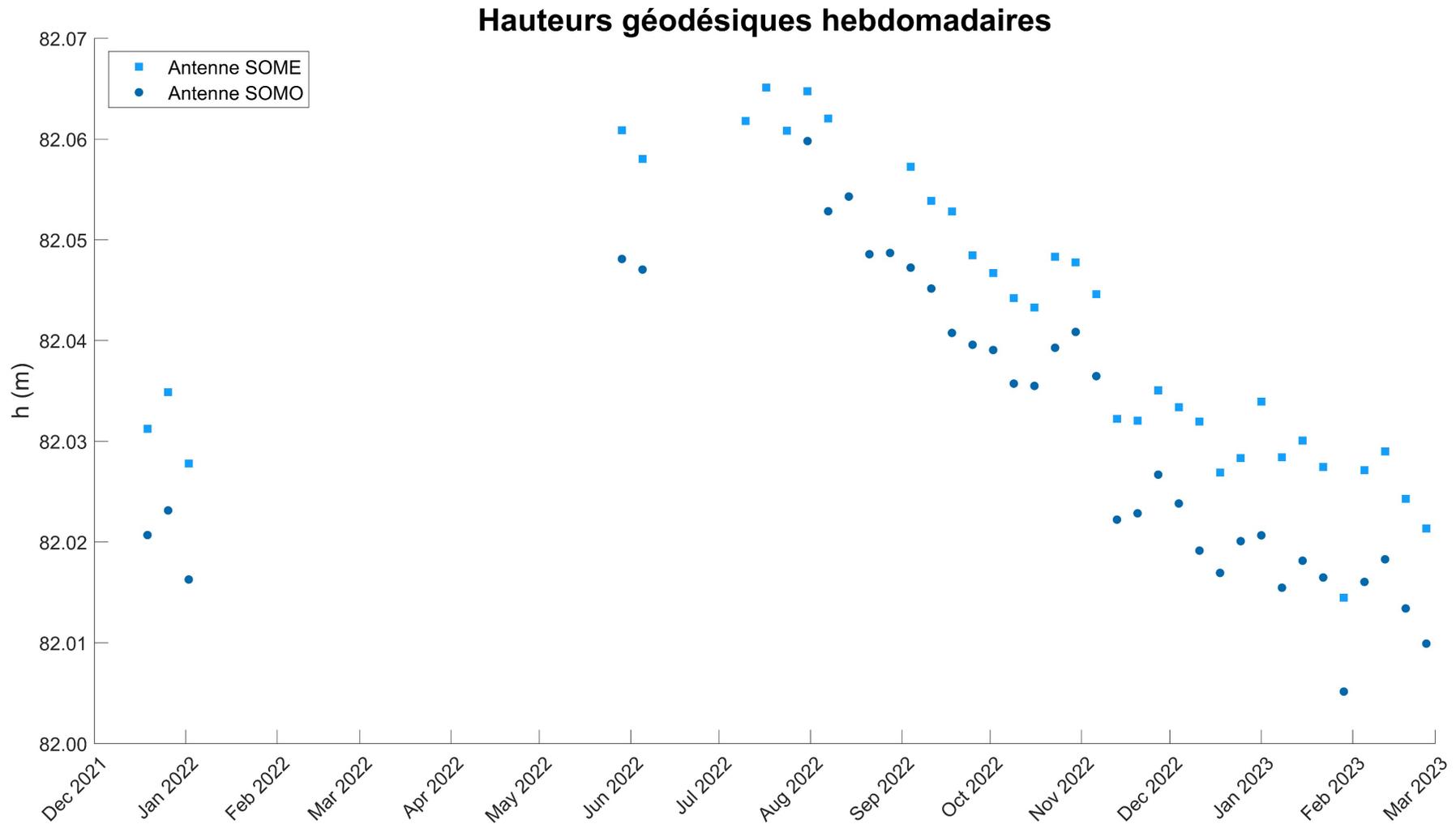


5.1 Hauteurs sommet-chaussée (solution GNSS)

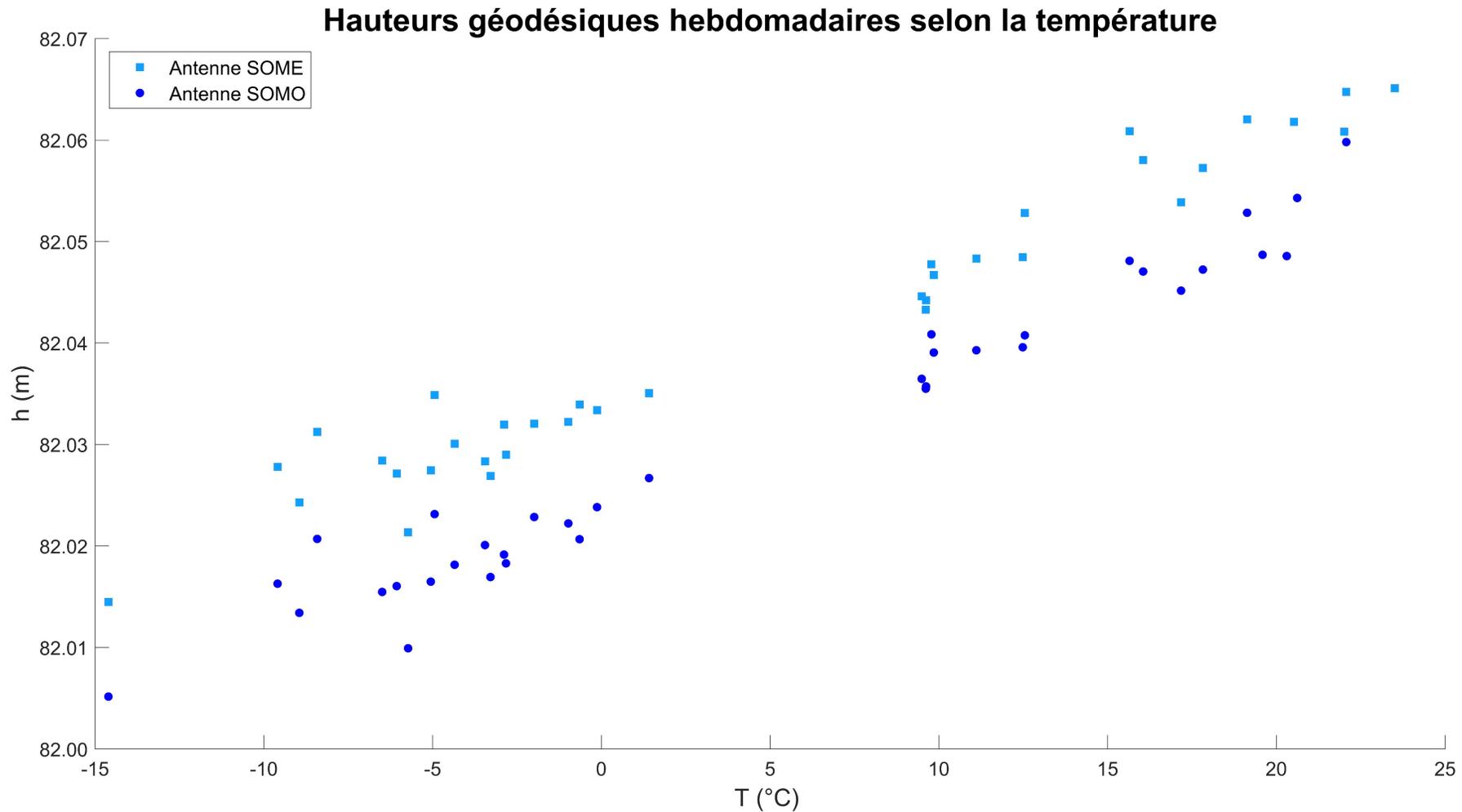
Hauteurs moyennes du récepteur SOMO

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
1 ^{er} au 6 janvier 2022	82,018	82,018	0,010	n.d.	-7,7
1 ^{er} 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
1 ^{er} au 30 septembre 2022	82,044	82,043	0,014	14,8	15,2
1 ^{er} au 31 octobre 2022	82,038	82,037	0,014	10,2	10,0
1 ^{er} au 30 novembre 2022	82,029	82,028	0,014	3,1	3,4
1 ^{er} au 31 décembre 2022	82,021	82,020	0,010	-2,7	-2,1
1 ^{er} au 31 janvier 2023	82,017	82,017	0,012	-5,5	-4,8
1 ^{er} 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
1 ^{er} au 6 janvier 2022	35,840	35,839	0,021	n.d.	-7,7
1 ^{er} 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
1 ^{er} au 22 août 2022	35,861	35,861	0,024	n.d.	20,8
1 ^{er} au 30 septembre 2022	35,857	35,858	0,024	14,8	15,2
1 ^{er} au 31 octobre 2022	35,845	35,845	0,026	10,2	10,0
1 ^{er} au 30 novembre 2022	35,842	35,842	0,024	3,1	3,4
1 ^{er} au 31 décembre 2022	35,836	35,837	0,022	-2,7	-2,1
1 ^{er} au 31 janvier 2023	35,836	35,836	0,023	-5,5	-4,8
1 ^{er} au 28 février 2023	35,832	35,831	0,025	-8,4	-8,1

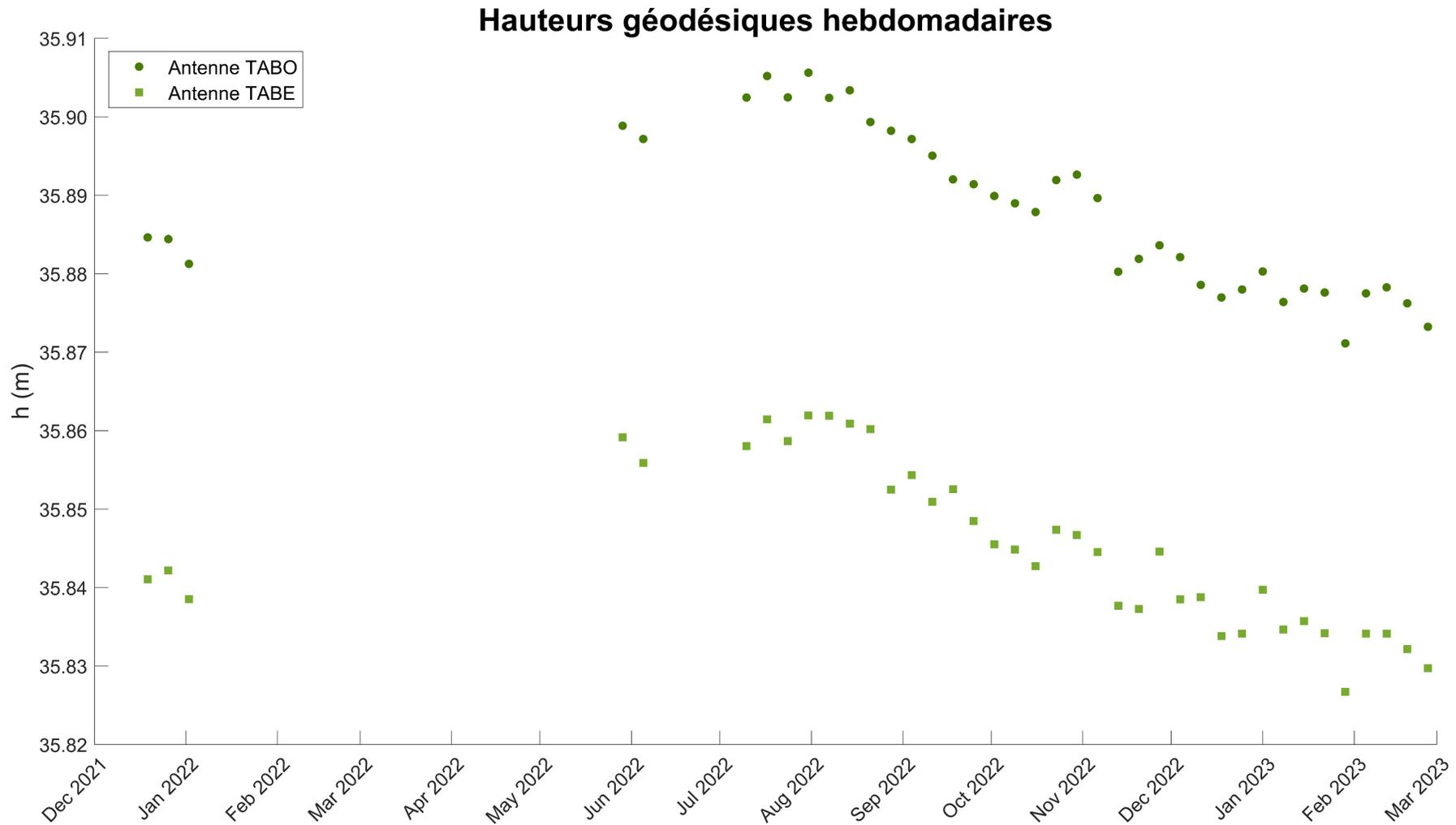


5.1 Hauteurs sommet-chaussée (solution GNSS)

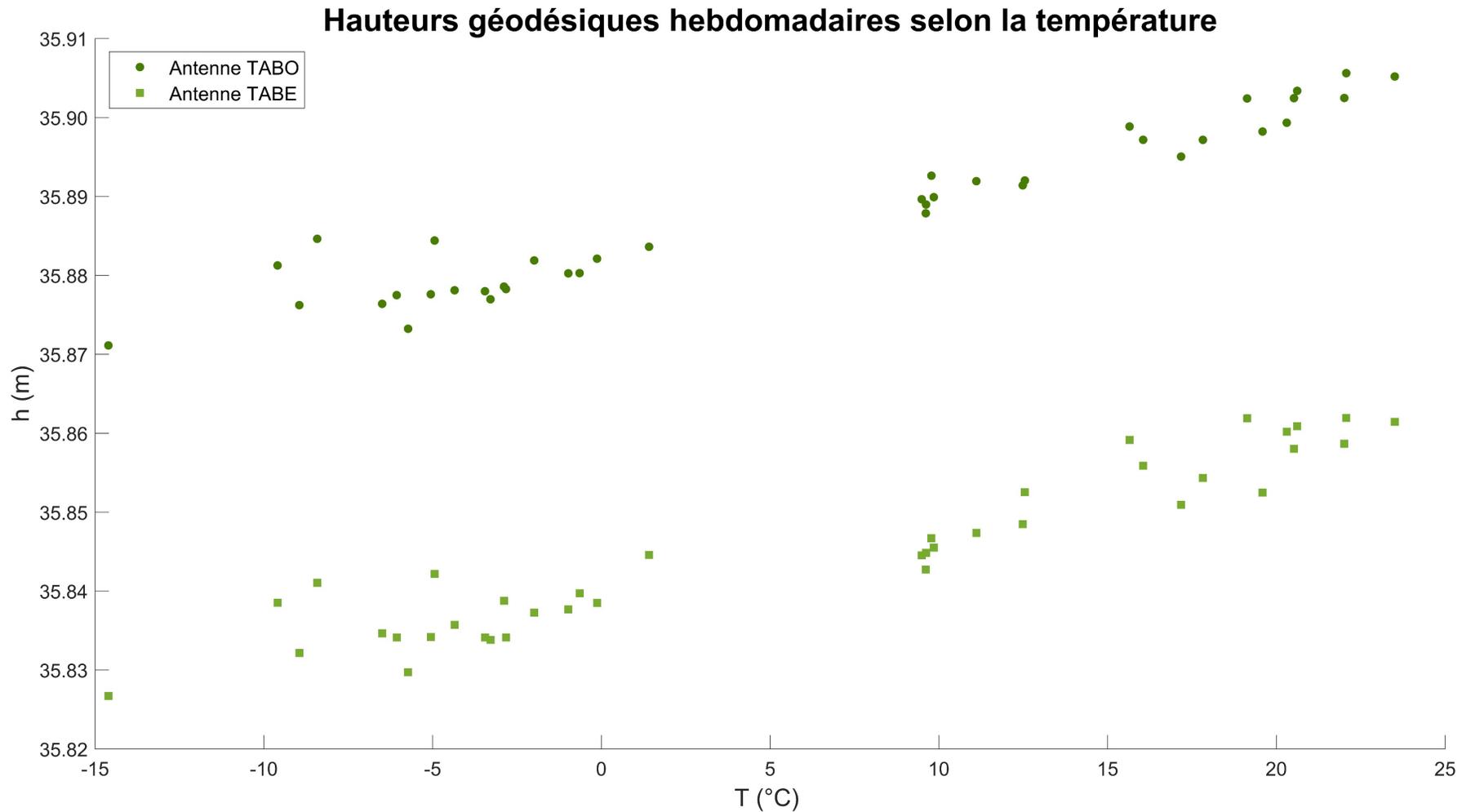
Hauteurs moyennes de l'antenne TABO

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
1 ^{er} au 6 janvier 2022	35,882	35,882	0,025	n.d.	-7,7
1 ^{er} 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
1 ^{er} au 22 août 2022	35,904	35,904	0,035	19,3	20,8
1 ^{er} au 30 septembre 2022	35,896	35,896	0,028	14,8	15,2
1 ^{er} au 31 octobre 2022	35,890	35,891	0,026	10,2	10,0
1 ^{er} au 30 novembre 2022	35,885	35,886	0,027	3,1	3,4
1 ^{er} au 31 décembre 2022	35,880	35,880	0,025	-2,7	-2,1
1 ^{er} au 31 janvier 2023	35,878	35,879	0,027	-5,5	-4,8
1 ^{er} au 28 février 2023	35,876	35,876	0,027	-8,4	-8,1

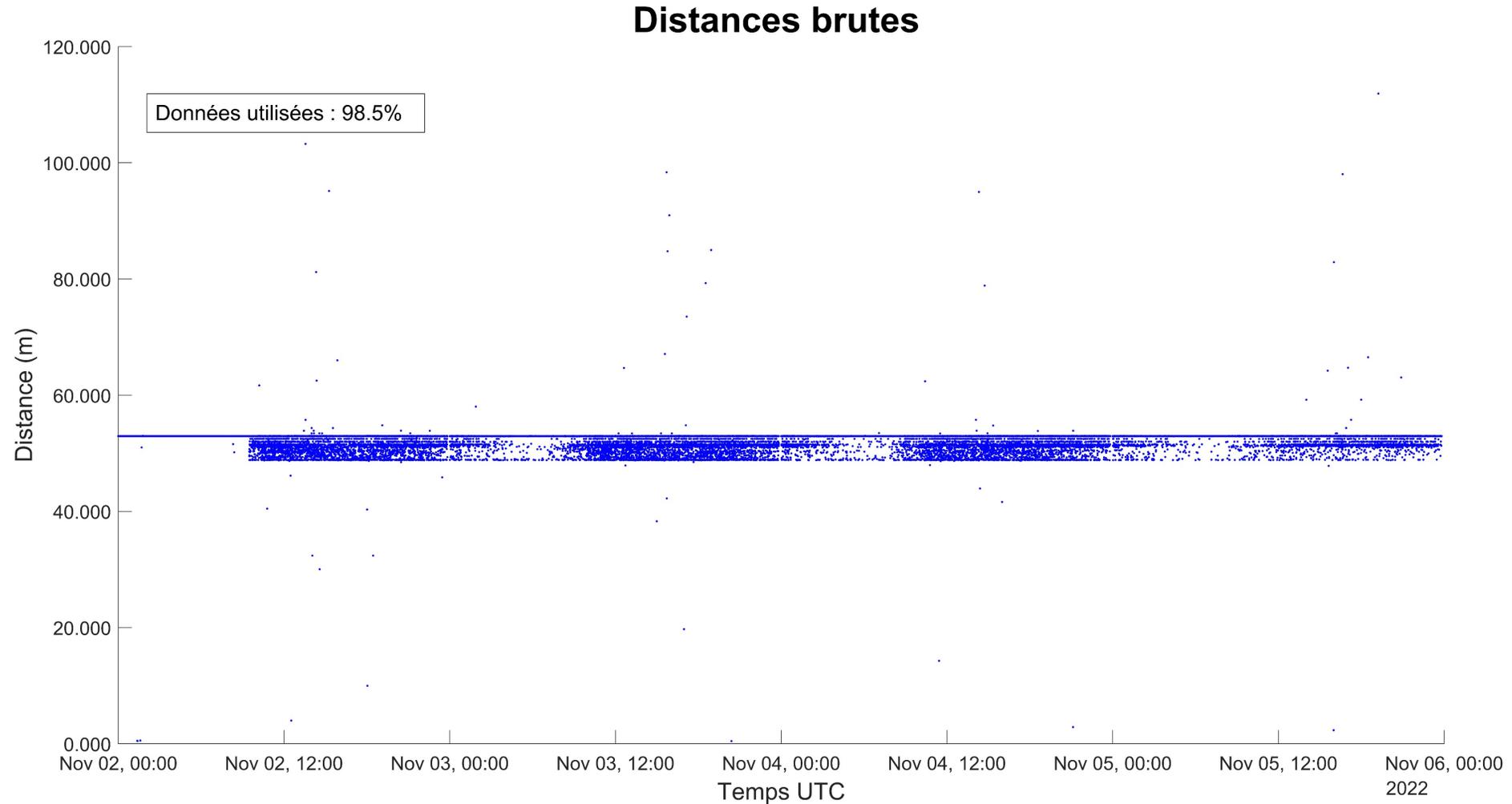
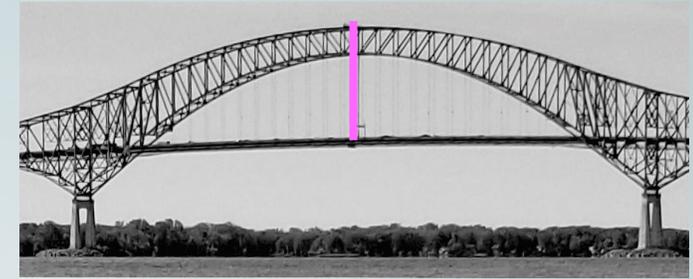
5.1 Hauteurs sommet-chaussée (solution GNSS)



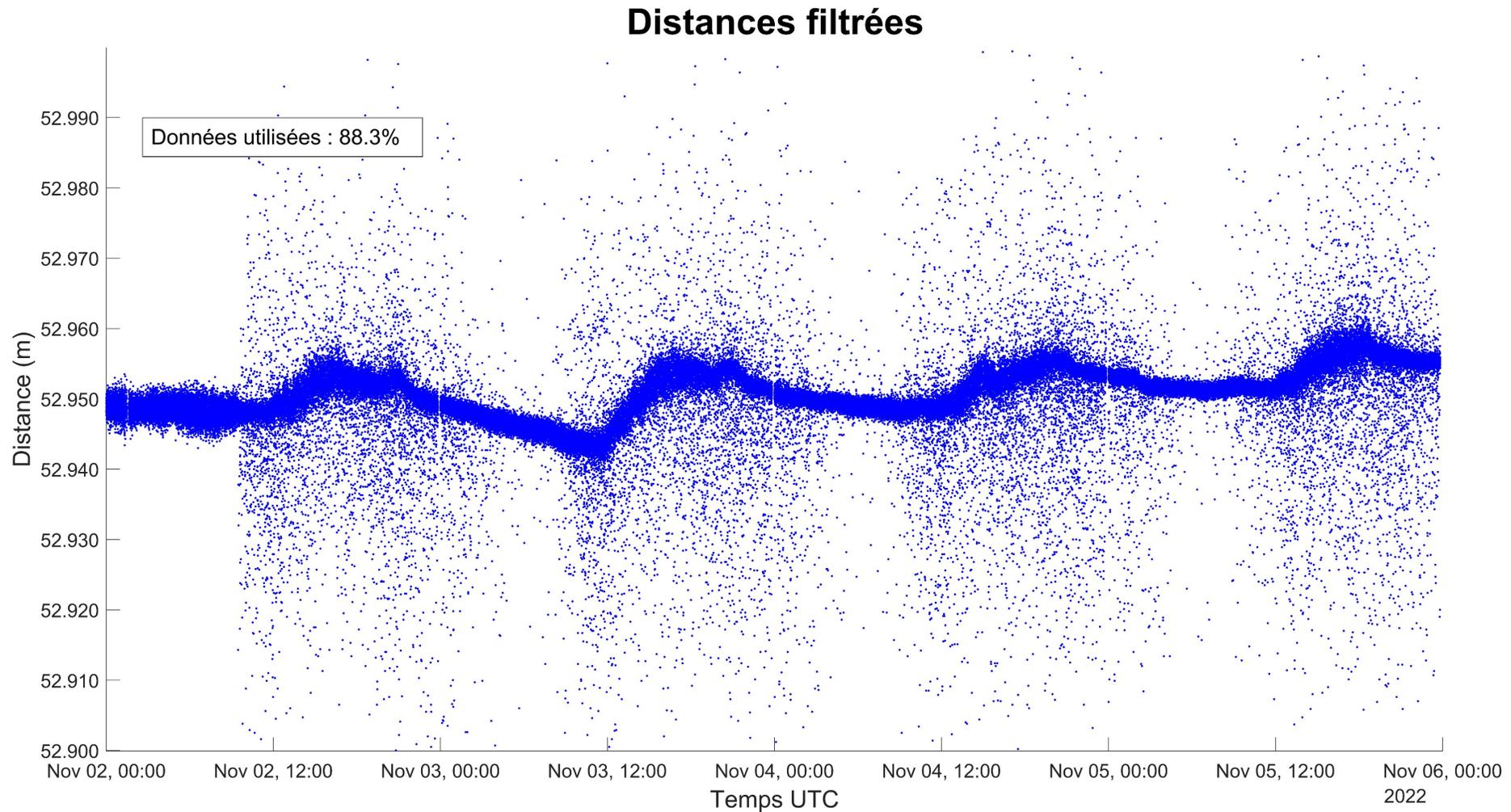
5.1 Hauteurs sommet-chaussée (solution GNSS)



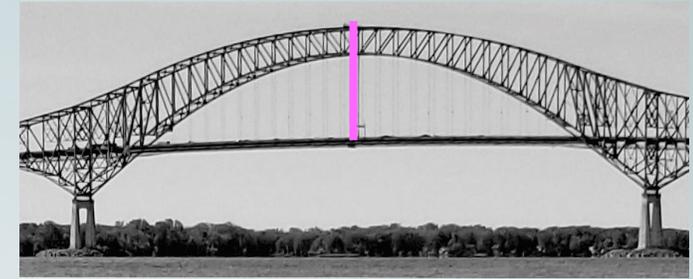
5.2 Distance sommet-chaussée (distancemètre laser)



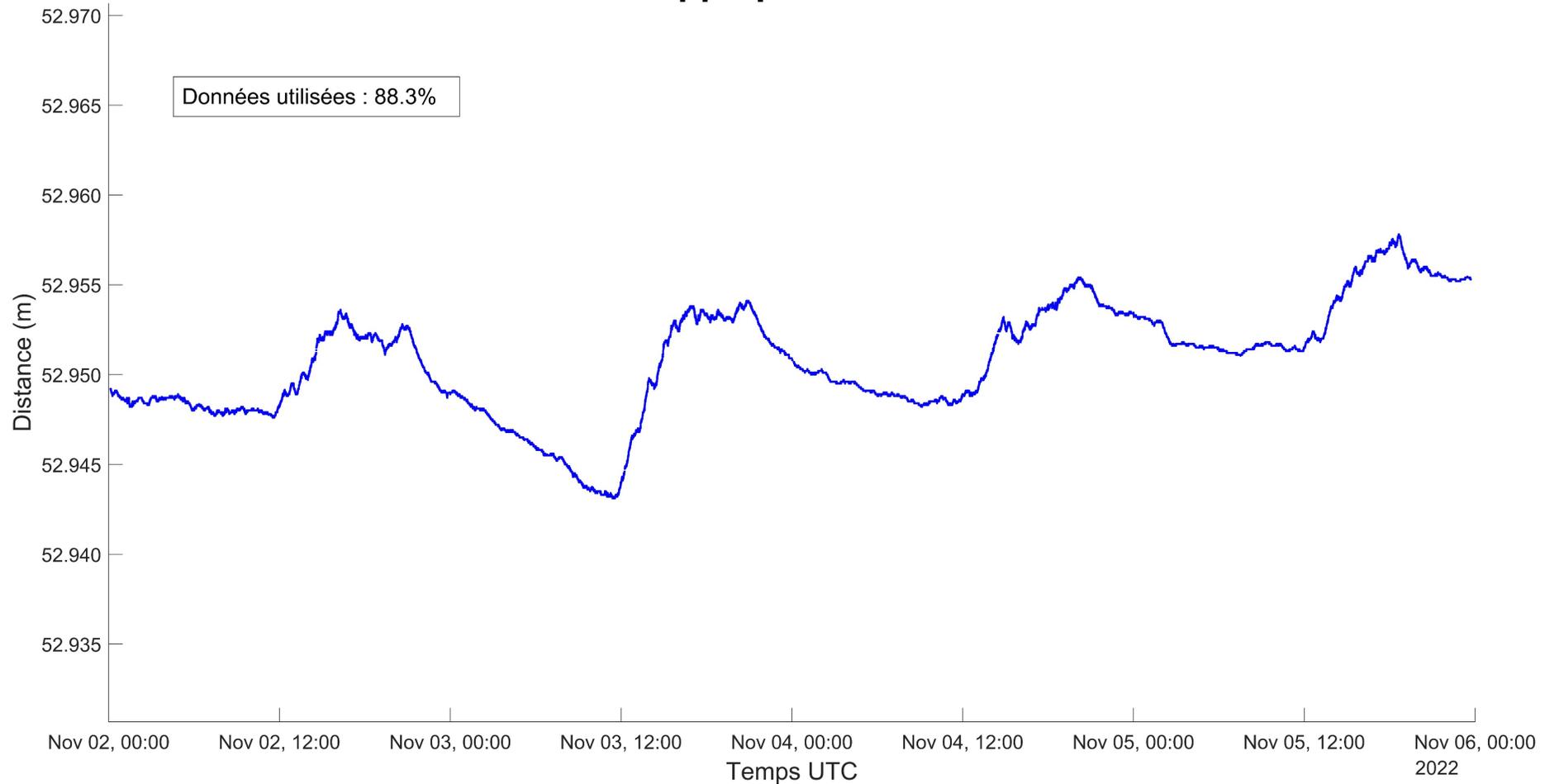
5.2 Distance sommet-chaussée (distancemètre laser)



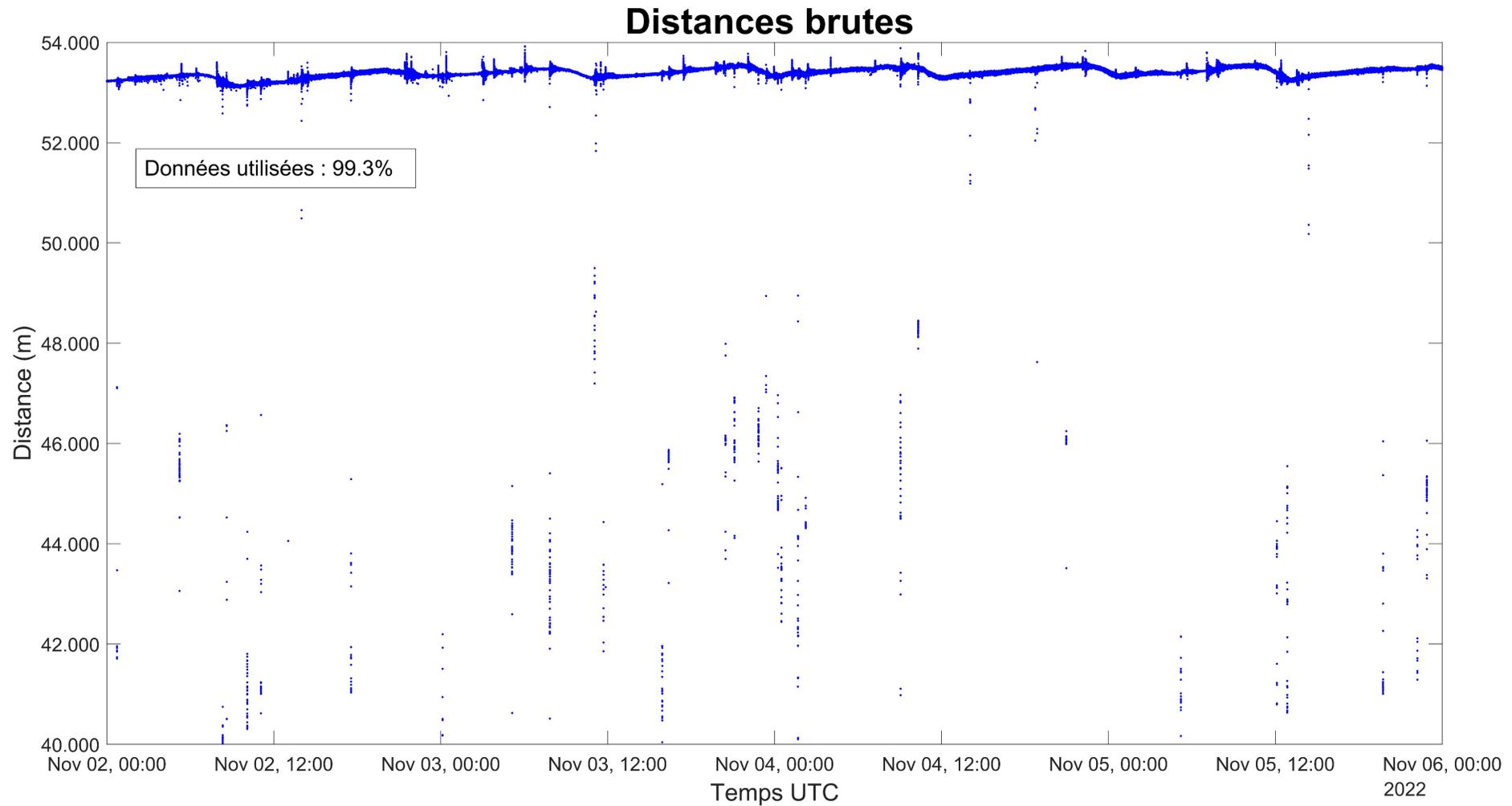
5.2 Distance sommet-chaussée (distancemètre laser)



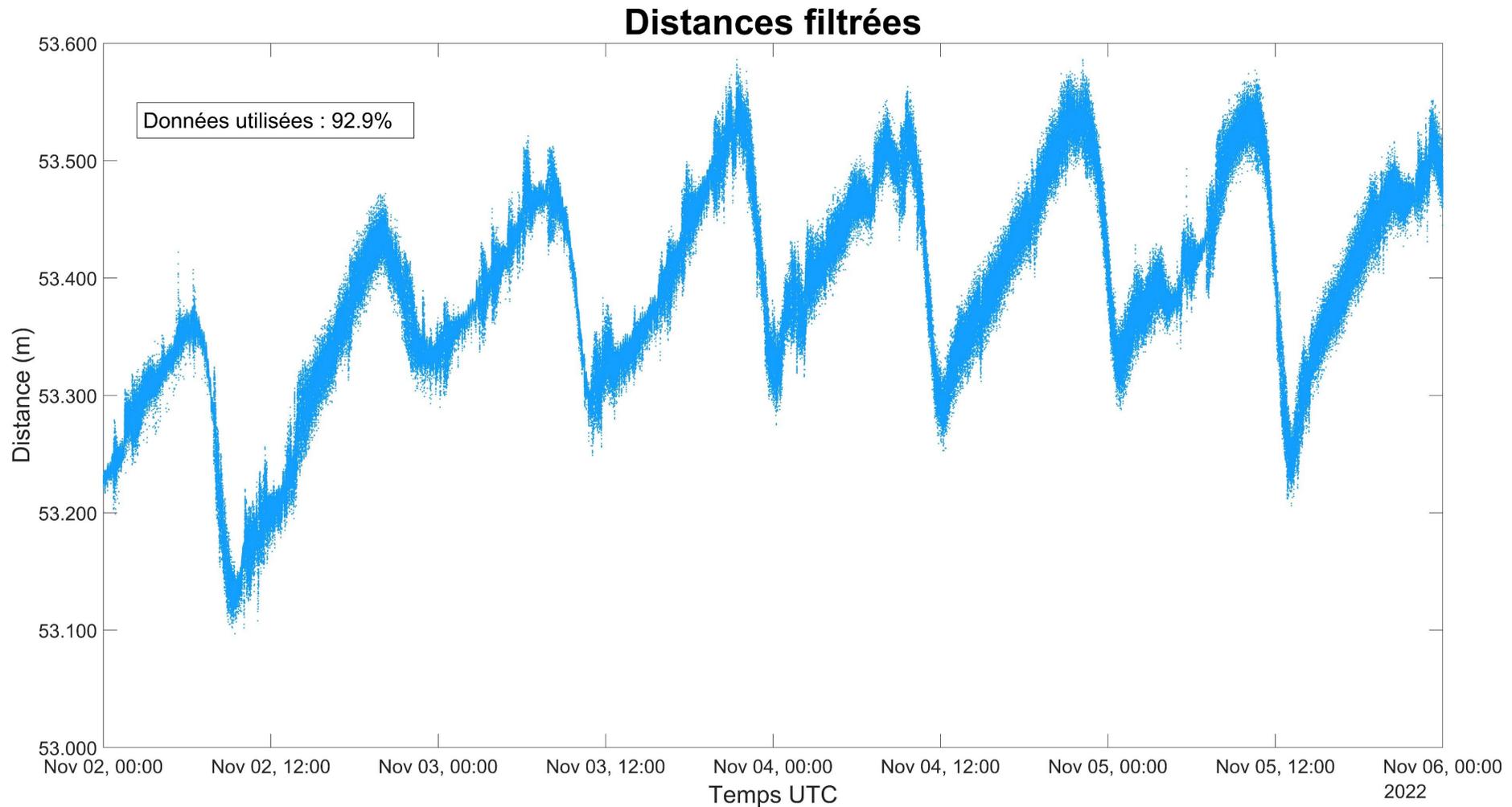
Médiane mobile appliquée aux distances filtrées



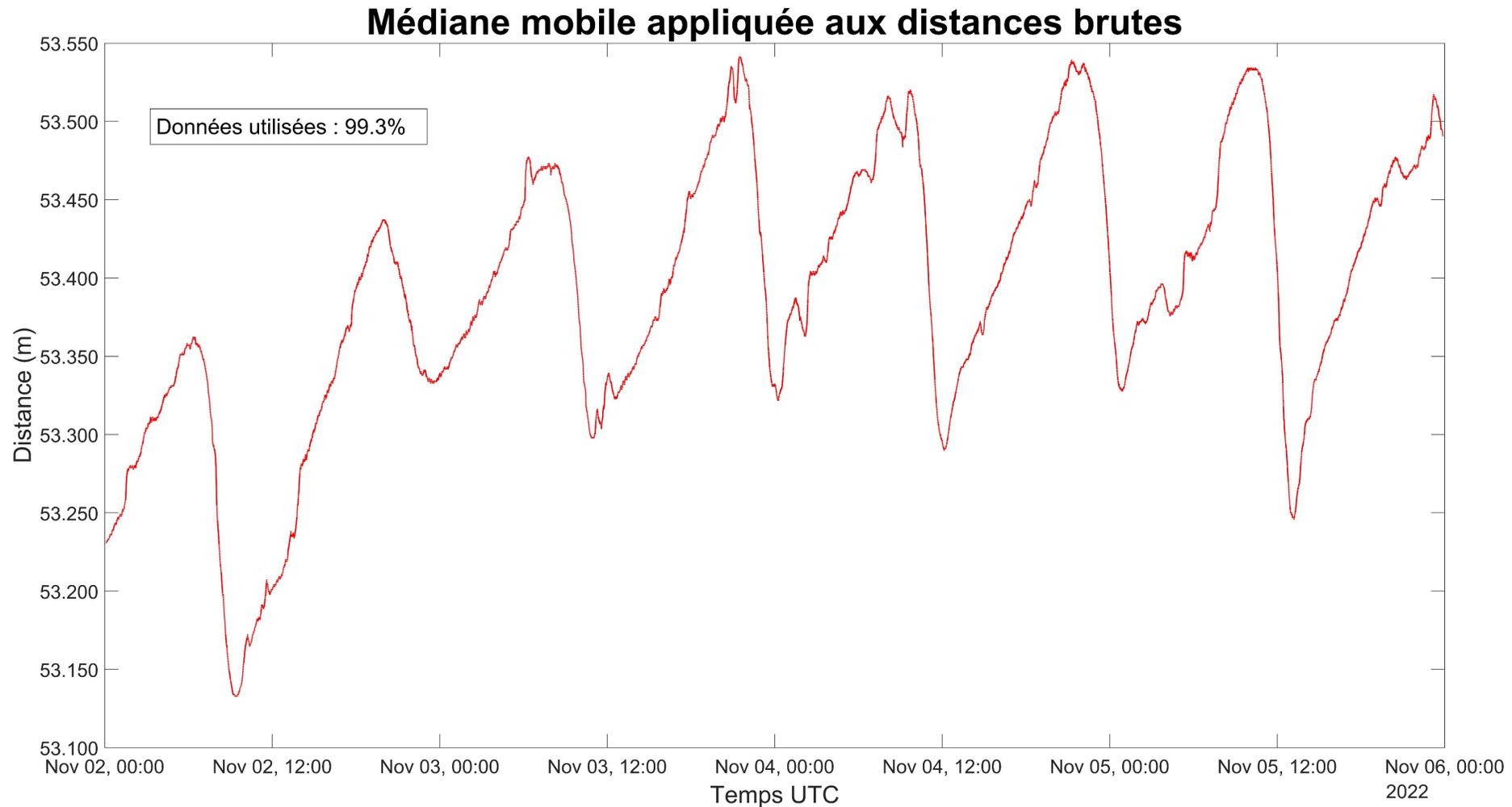
5.2 Distance chaussée-fleuve (distancemètre Miros)



5.2 Distance chaussée-fleuve (distancemètre Miros)



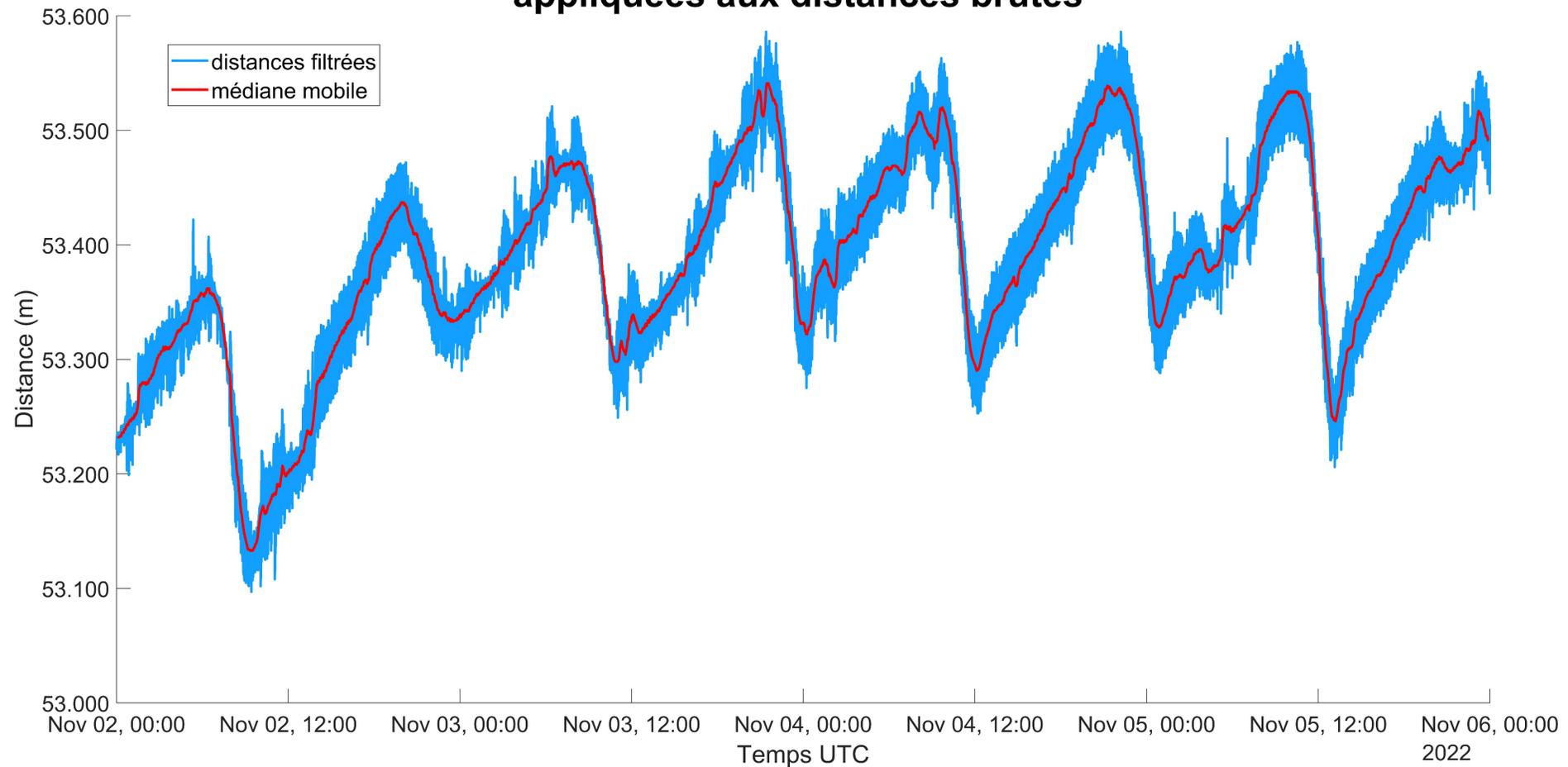
5.2 Distance chaussée-fleuve (distancemètre Miros)



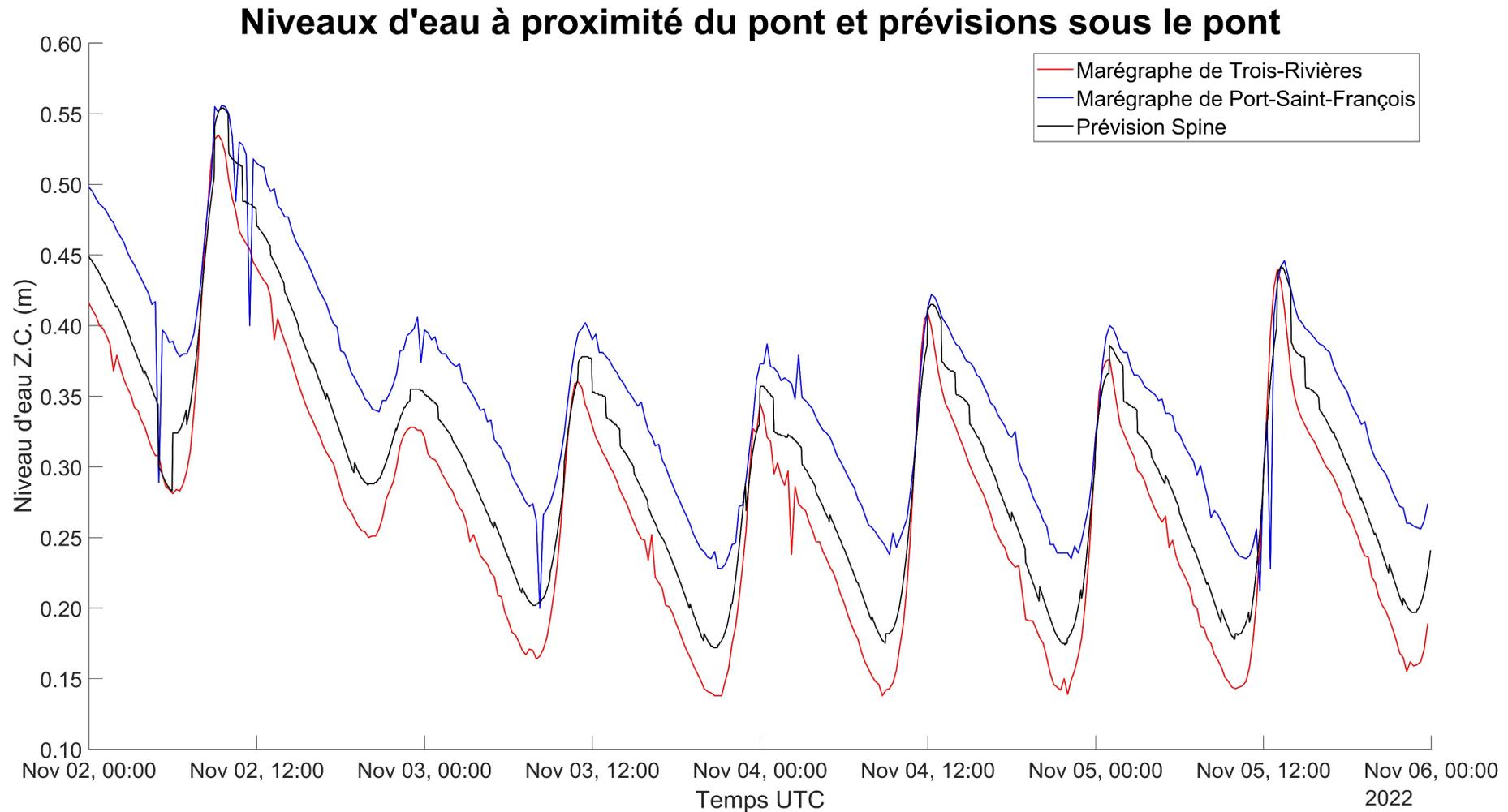
5.2 Distance chaussée-fleuve (distancemètre Miros)



**Distances filtrées et médiane mobile
appliquées aux distances brutes**



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 MTQ pour le levé topométrique

Le Service hydrographique du Canada et la Garde côtière canadienne