

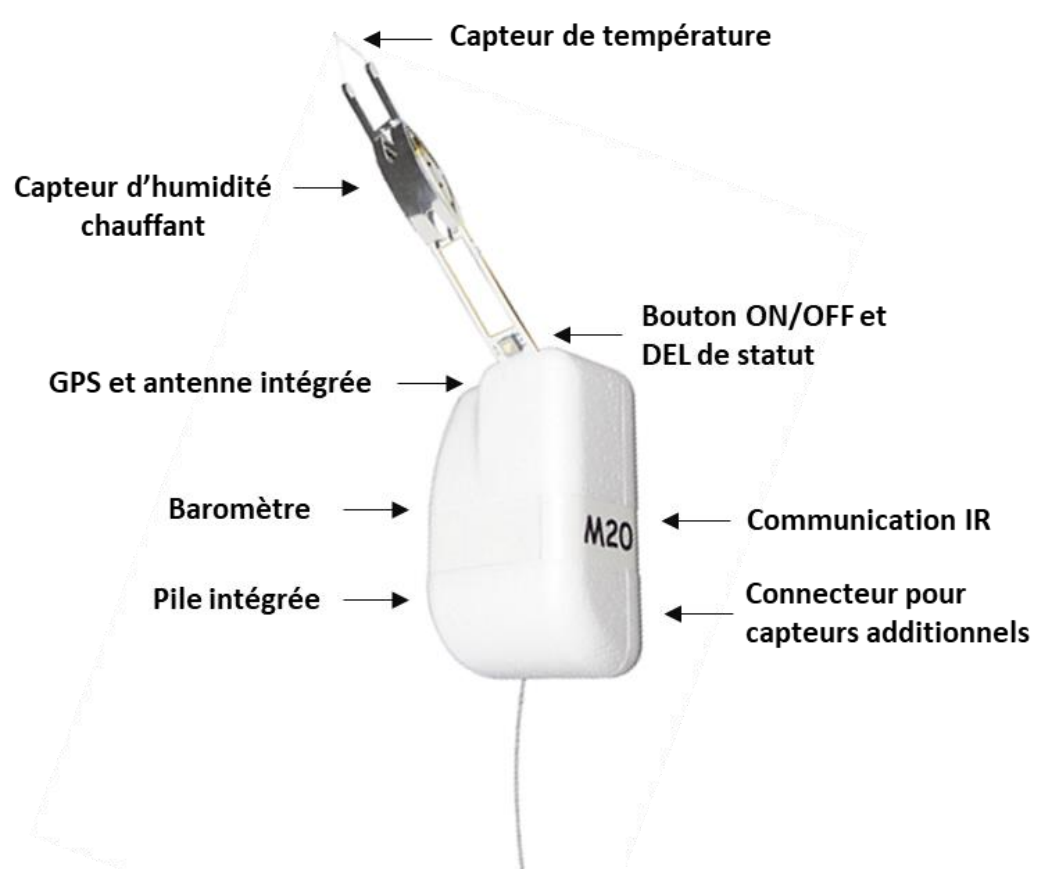
Introduction

Aujourd'hui un des principaux leaders mondiaux dans le marché de Radiosondage, Météomodem possède plus de 130 sites opérationnels et 23 Robotsondes déployés à travers le monde, affrontant tous les types de climats et conditions environnementales.



Après la M10, Météomodem présente son nouveau prototype de radiosonde. Après 2 ans de validations et de tests, cette évolution de la M10 nommée M20 a pour but d'améliorer les mesures météorologiques, tout en réduisant les coûts de radiosondages.

- Léger et compact**
 - Radiosonde ultra légère (36g)
 - Stockage simplifié
- Économique**
 - Pas besoin de parachute
 - Économisez jusqu'à 20 % de gaz
- Capteur d'humidité chauffant**
 - Capteur d'humidité équipé d'un dispositif de dégivrage
- Compatible Robotsonde**
 - Système de lancement automatique de ballons (jusqu'à 24 radiosondes)
- Écologique**
 - Impact environnemental réduit (moins de batteries, moins de surfaces polluantes)



La M20 a été testée en laboratoire mais aussi en vol sous différents climats (conditions atmosphériques): France Métropolitaine, Guyane, Nouvelle Calédonie, Réunion, Tahiti et Cuba. Météo-France a également effectué une campagne comparative M10 – M20 sur le site de Toulouse (France).

Humidité

La procédure de calibration de l'humidité relative (RH) de radiosonde est vérifiée lors d'expériences en laboratoire à Modem, avec des conditions de références d'humidité bien connues. Ces conditions sont générées dans l'HUMOR20 [RH = 5% → 98%] et dans des chambres d'humidité standardisées [RH=0% et 100%].



HUMOR20: 5-98 %RH

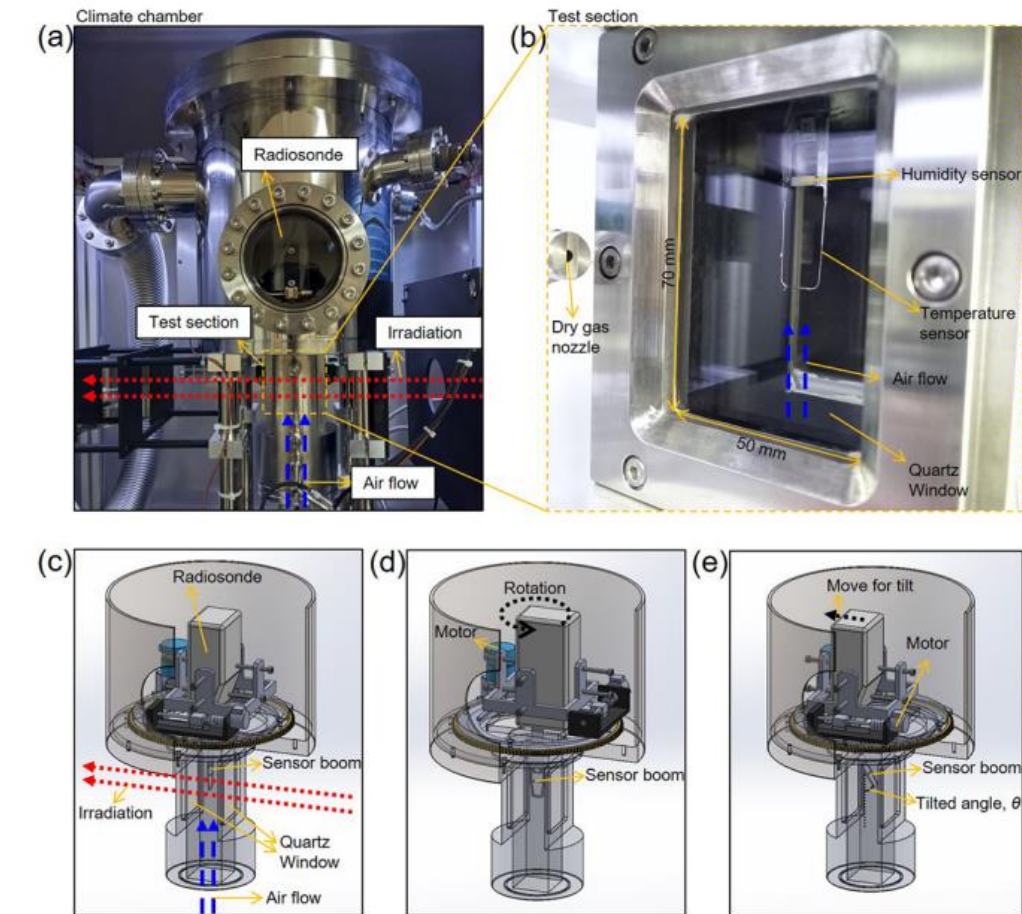


SHC: 0 %RH

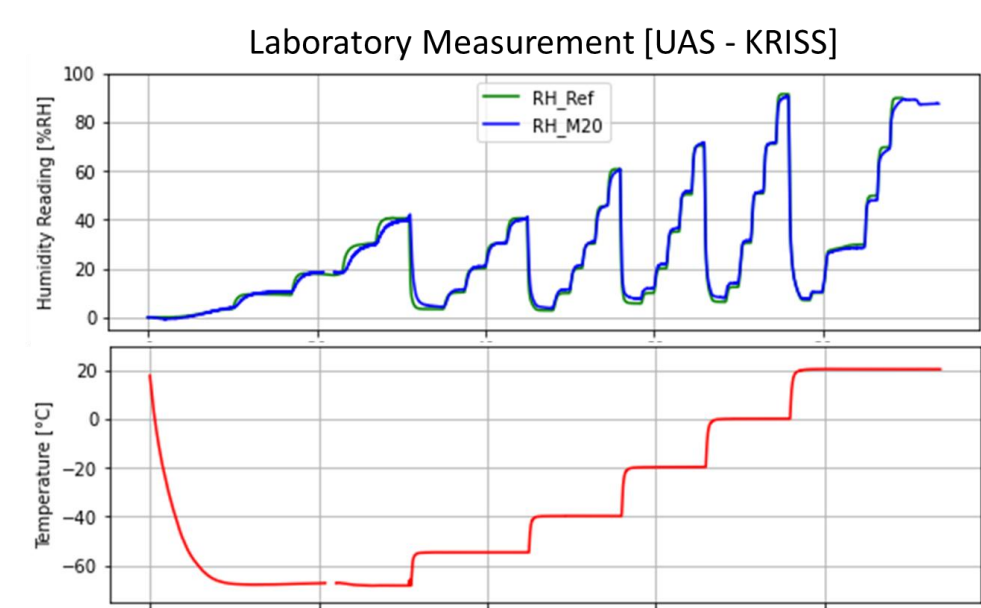


SHC: 100 %RH

Une autre procédure de calibration de l'humidité a été effectuée à KRISS (Korea Research Institute of Standards and Science) en utilisant l'UAS (Upper-Air Simulator). La comparaison entre le RH de la M20 et celui de la référence est effectuée sur 6 températures stabilisées allant de -70°C à +40°C (Figure ci-dessous). Chaque étape dure au moins 8 heures. Les résultats montrent que, indépendamment de la température, l'humidité de la sonde M20 présente une bonne corrélation avec celle de la référence UAS.



Photos du (a) UAS et (b) de la section de test avec une radiosonde. Schémas de la radiosonde dans le UAS en (c) position normale, (d) rotation et (e) inclinaison.



(En haut): Humidité relative, (En bas): Température, dans la chambre de teste. UAS, upper-air simulator

Name	Description	Standard uncertainty [%RH] k=1
Incertitude de reproductibilité de l'humidité brute $u(r_{h_{brute}})$	Max. écart-type de la moyenne de toutes les valeurs stabilisées	0.40
Incertitude de répétabilité de l'humidité brute $u(r_{h_{brute}})$	Écart-type de la moyenne des valeurs stabilisées	0.10
Incertitude de résolution de l'humidité brute $u(r_{h_{brute}})$	Différence minimale entre deux indications	$0.01/\sqrt{12}$
Incertitude de l'hysteresis de l'humidité brute $u(r_{h_{brute}})$	Moyenne de l'effet d'hysteresis	1.00
Incertitude de l'orientation du capteur d'humidité $u(r_{h_{brute, orient}})$	Différence maximale entre les positions	$0.5/\sqrt{3}$
Incertitude de calibration de l'humidité brute $u(r_{h_{brute}})$	Composé de: $u(r_{h_{brute}})$, $u(r_{h_{brute}})$, $u(r_{h_{brute}})$, $u(r_{h_{brute, orient}})$	1.12

Aperçu du budget d'incertitude de l'étalonnage de l'humidité brute.

5 incertitudes liées à l'humidité brute de la sonde M20 ont été identifiées dans le tableau ci-joint. Le bilan d'incertitude de l'étalonnage de l'humidité brute, composée de incertitudes listées ci-dessus, est de 1.12 %RH (K=1).

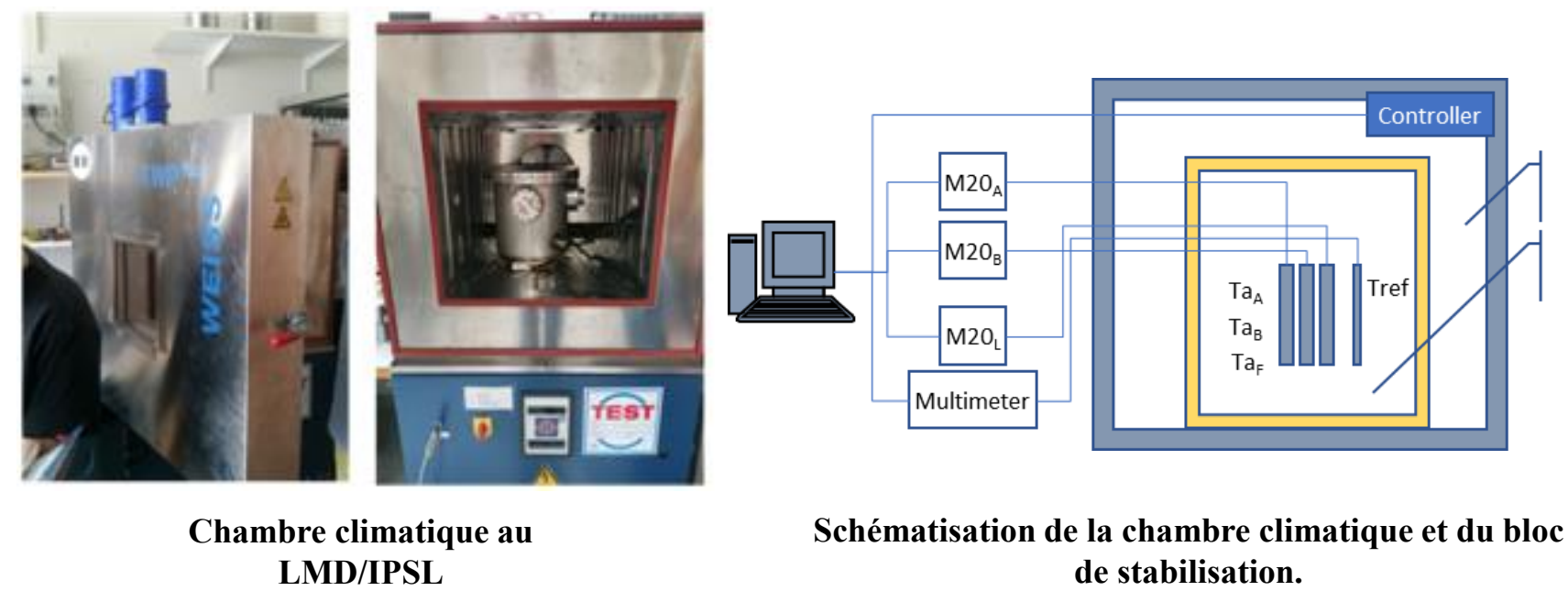
Références

- General presentation Meteomodem: https://www.youtube.com/watch?v=a73tuQhQQHE&feature=emb_logo
 M20 Radiosonde: <https://www.youtube.com/watch?v=1RzHMulRuWg>
 Automatic Radiosonde System (Robotsonde): <https://www.youtube.com/watch?v=vRc0vjCKuSE>
 Upper-Air Simulator (UAS): Lee, S.W., Yang, I., Choi, B.I., Kim, S., Woo, S.B., Kang, W. et al. (2020): Development of upper air simulator for the calibration of solar radiation effects on radiosonde temperature sensors. Meteorological Applications, 27, e1855.

Température

La procédure de calibration de température de radiosonde est vérifiée lors d'expériences en laboratoire avec un instrument de référence (PT100) sur différentes étapes de température stable.

Le dispositif expérimental choisi se compose d'une chambre climatique à air sec et d'un conteneur d'équilibrage. Les sondes et la référence sont placées à l'intérieur du conteneur d'équilibrage, ce qui garantit une variation de température très stable.



Chambre climatique au LMD/IPSL. Schématisation de la chambre climatique et du bloc de stabilisation.

La comparaison entre les sondes M20 et la référence PT100 est effectuée sur 12 températures stabilisées allant de -70°C à +40°C (Figure ci-dessus). Chaque étape dure au moins 3 heures et chaque mesure de température est calculée en moyenne sur les 10 dernières minutes.

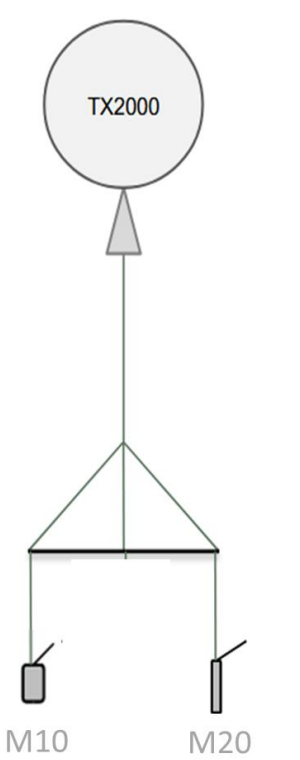
4 incertitudes liées à la température brute des sondes M20 et 3 pour la référence ont été identifiées dans le Tableau ci-joint. Le bilan d'incertitude de l'étalonnage de la température brute, composée de incertitudes listées ci-dessus, est de 0.107 °C (K=1).

Nom	Description	Incertitude standard [°C] k=1
Incertitude de linéarité de la température brute $u(T_{s,lin})$	Biais maximum par rapport à la référence	$0.150/\sqrt{3}$
Incertitude de répétabilité de la température brute $u(T_{s,rep})$	Écart-type de la moyenne des valeurs stabilisées	0.045
Incertitude de reproductibilité de la température brute $u(T_{s,repr})$	Max. écart-type de toutes les valeurs stabilisées	$0.075/\sqrt{3}$
Incertitude de résolution de la température brute $u(T_{s,reso})$	Différence minimale entre deux indications	$0.020/\sqrt{12}$
Incertitude de calibration de la température de référence $u(T_{ref-cal})$	Certificat d'étalonnage incluant le PT100 et le système d'acquisition	0.045
Incertitude de répétabilité de la température de référence $u(T_{ref-ep})$	Écart-type de la moyenne des valeurs stabilisées	0.016
Incertitude de résolution de la température de référence $u(T_{ref-reso})$	Différence minimale entre deux indications	$<0.003/\sqrt{12}$
Incertitude de calibration de la température brute $u(T_{s-cal})$	Composé de: $u(T_{s,lin})$, $u(T_{s,rep})$, $u(T_{s,repr})$, $u(T_{s,reso})$, $u(T_{ref-cal})$, $u(T_{ref-ep})$, $u(T_{ref-reso})$	0.107

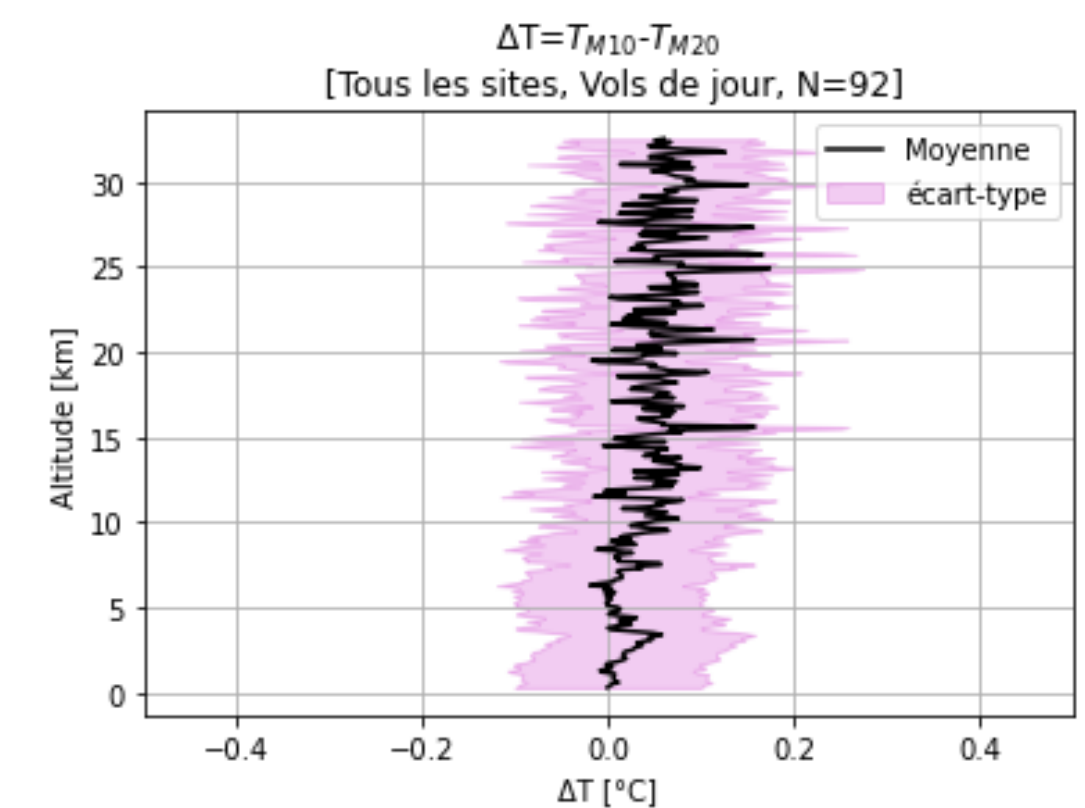
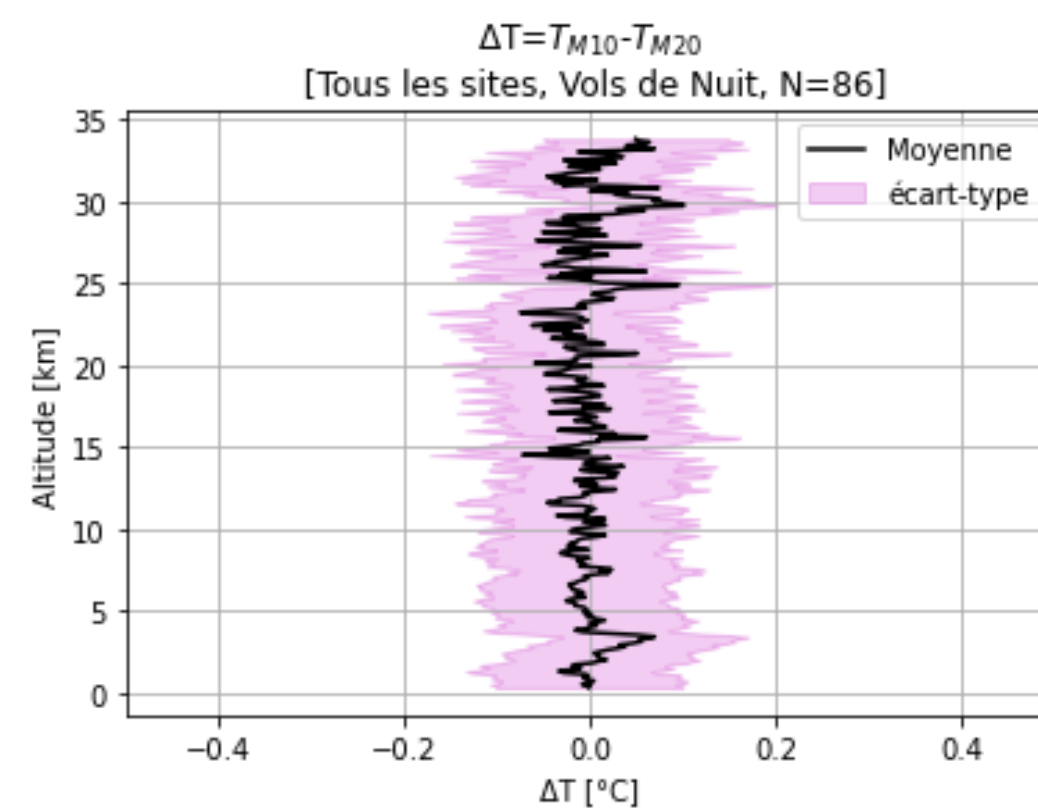
Aperçu du budget d'incertitude de l'étalonnage de la température brute.

M10 vs M20: Sondages comparatives

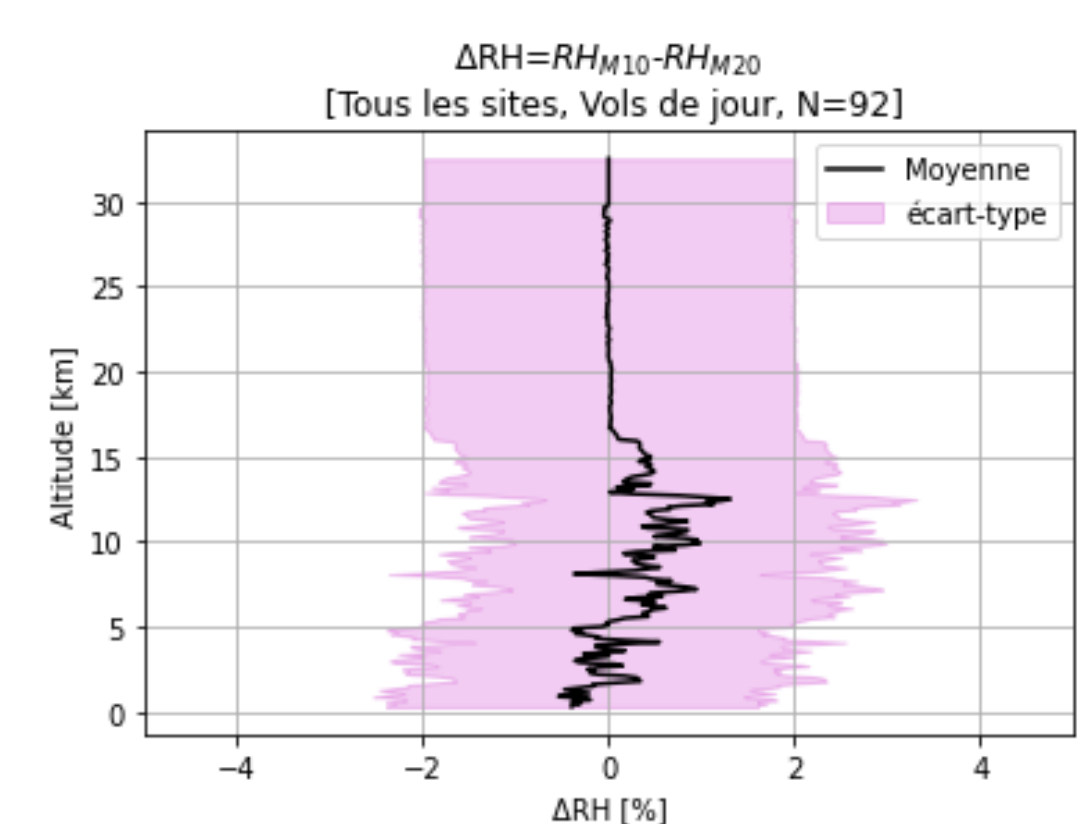
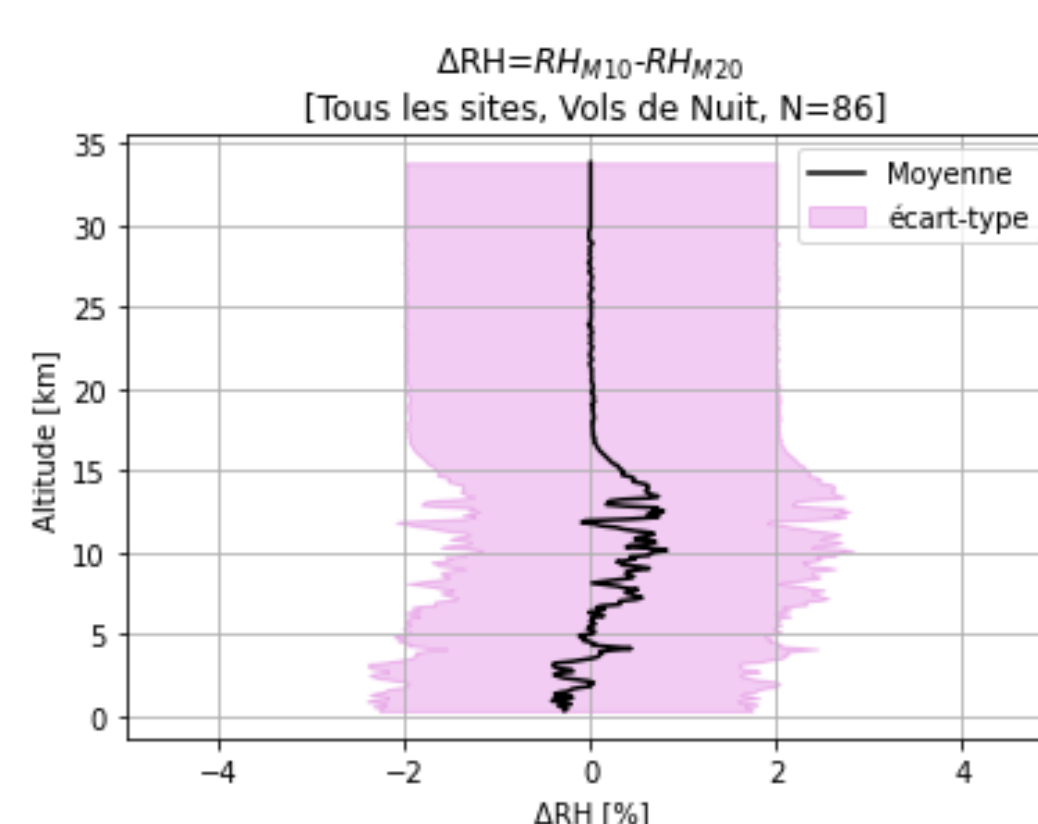
Pour comparer la nouvelle radiosonde M20 avec la radiosonde actuelle M10, de nombreux vols ont eu lieu (Ury, Toulouse, Singapour, Lindenberg, Nouméa). Le protocole était toujours identique avec un attelage composé d'un ballon, d'un parachute, d'un dérouleur et d'une radiosonde M10 et M20 séparée par une barre de 2m (photo ci-joint).



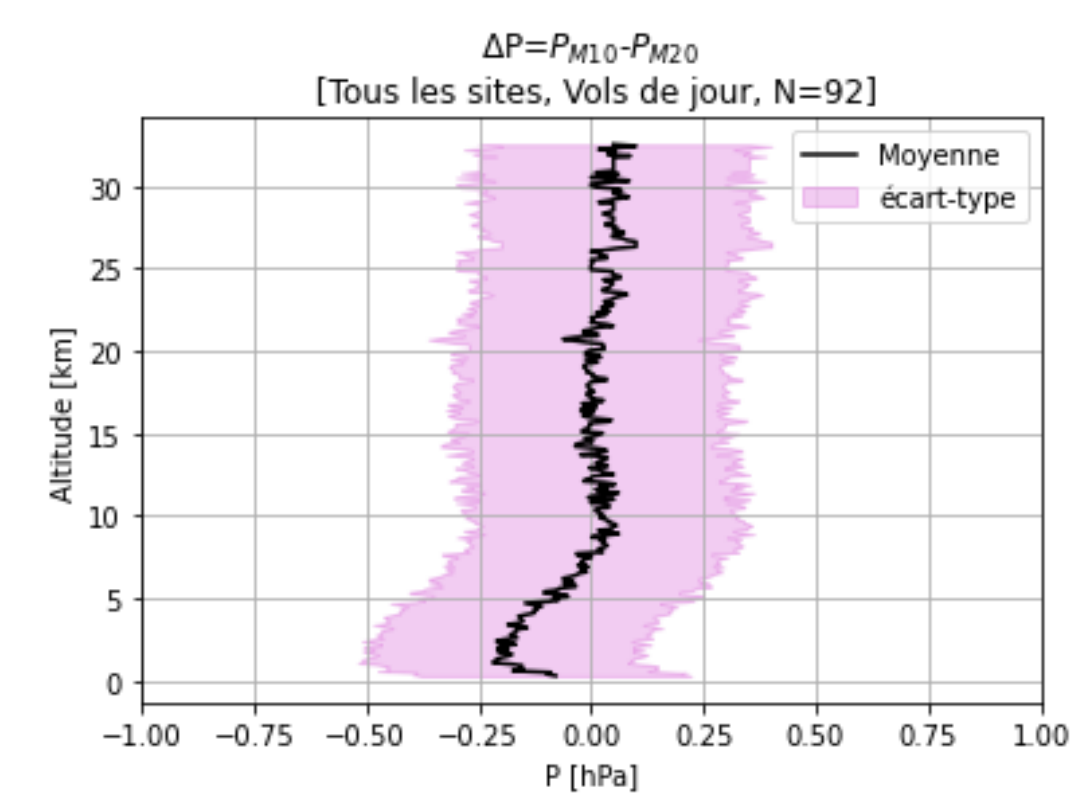
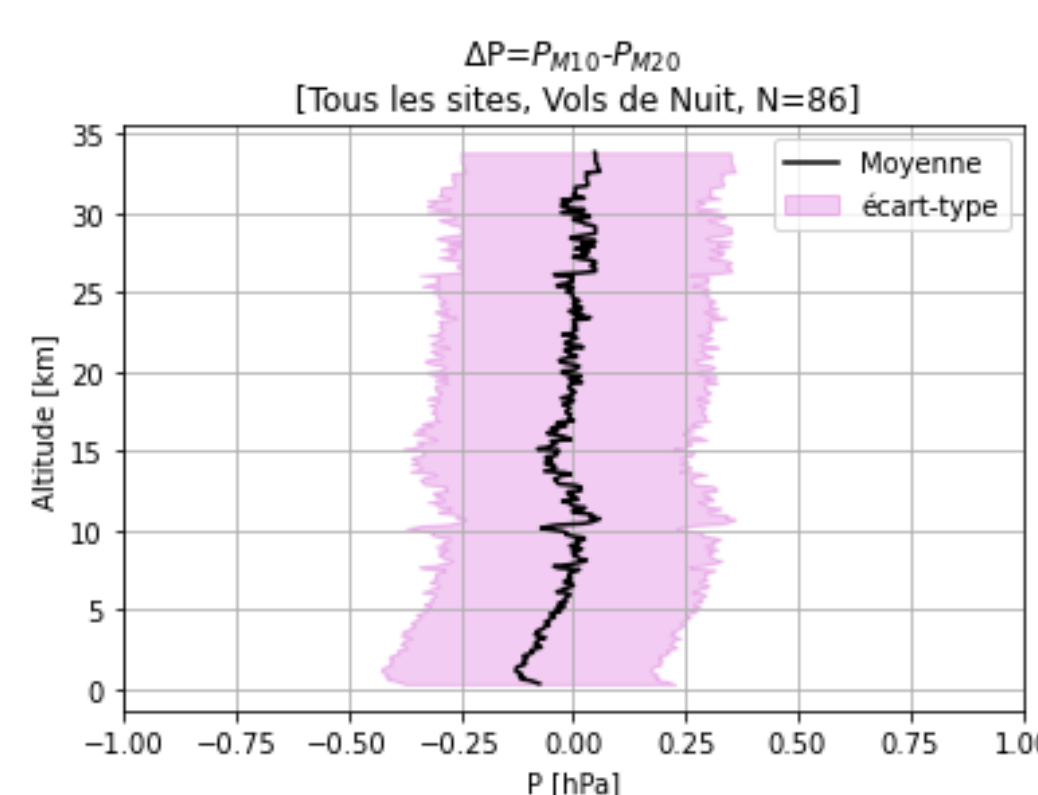
1 Température



2 Humidité



3 Pression



Remerciements

Ce travail est possible grâce à l'engagement des partenaires Météo France, l'IPSL / CNRS et Meteomodem. Nous remercions également l'équipe de recherche de KRISS (Korea Research Institute of Standards and Science) à Daejeon, pour l'expérimentation avec l'UAS (Upper-Air Simulator).