

Unifier les références verticales terre-mer par nivellement hydrodynamique pour exprimer les projections climatiques dans les références altimétriques légales

Jonathan Chenal

Institut national de l'information géographique et forestière, Service de géodésie et métrologie

Enjeux (1) : l'unification verticale internationale

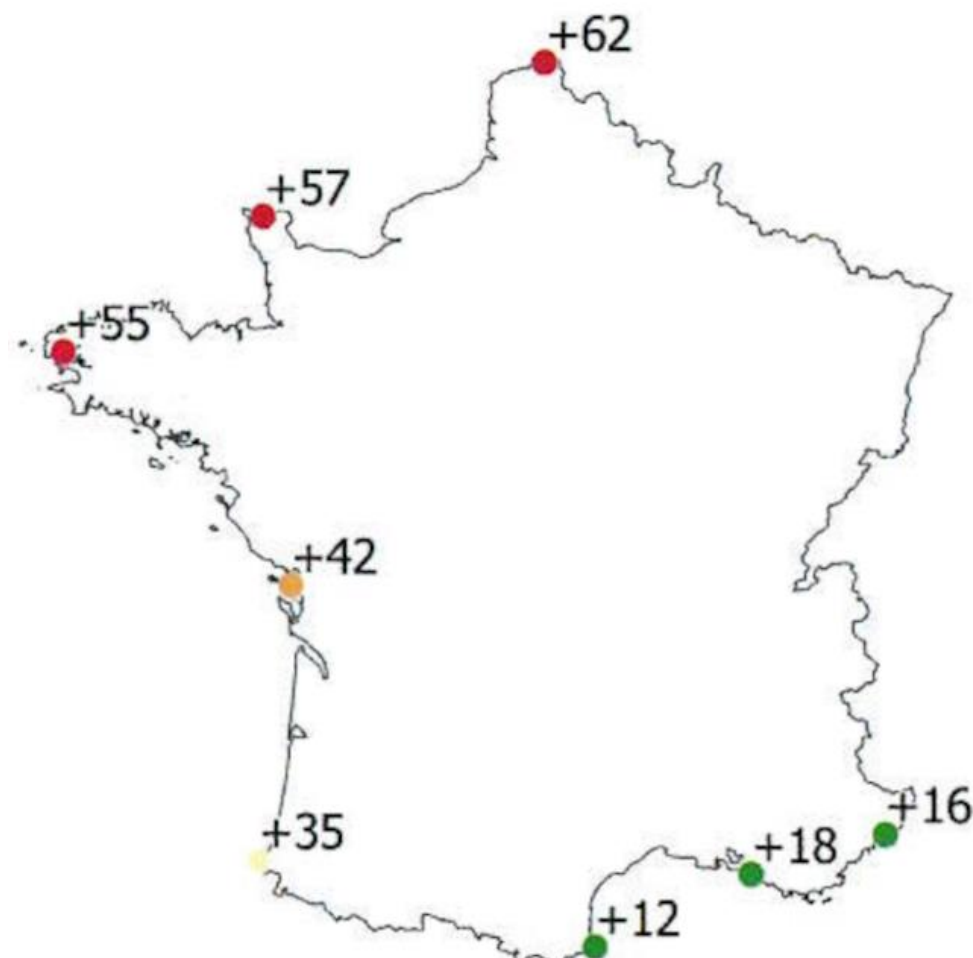
Reference tide gauges

- Alicante
- Amsterdam
- Antalya
- Belfast
- Cascais
- Constanta
- Durres
- Genoa
- Kronstadt
- Malin Head
- Marseille
- Newlyn
- Ostend
- Trieste
- other
- no information

EVRF2019- national height [cm]

- 43 mean difference
- 23 local difference

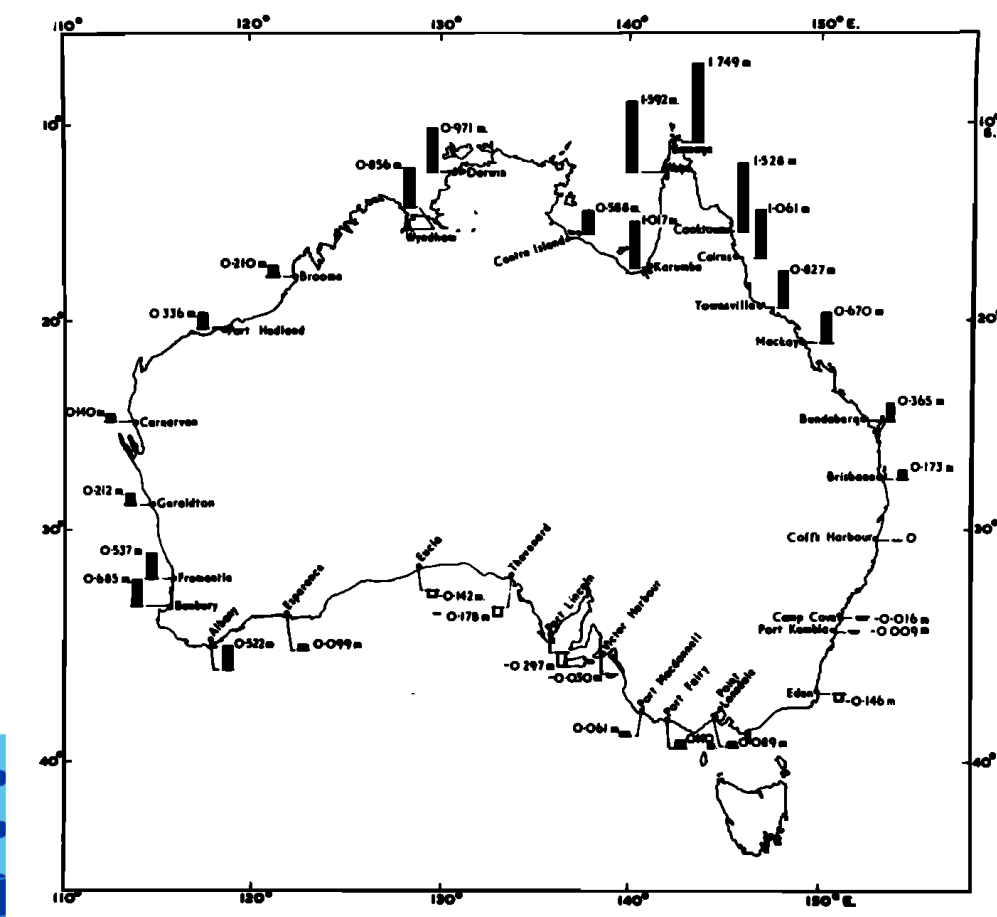




France : H(MSL) IGN69: incohérence entre nivellement et océanographie

Soupçon d'une pente sud-nord (Levallois 1959, Levallois & Maillard 1970, Hottier & Charlot 1979, Kasser 1989, Lavoué et Jamet 2023)

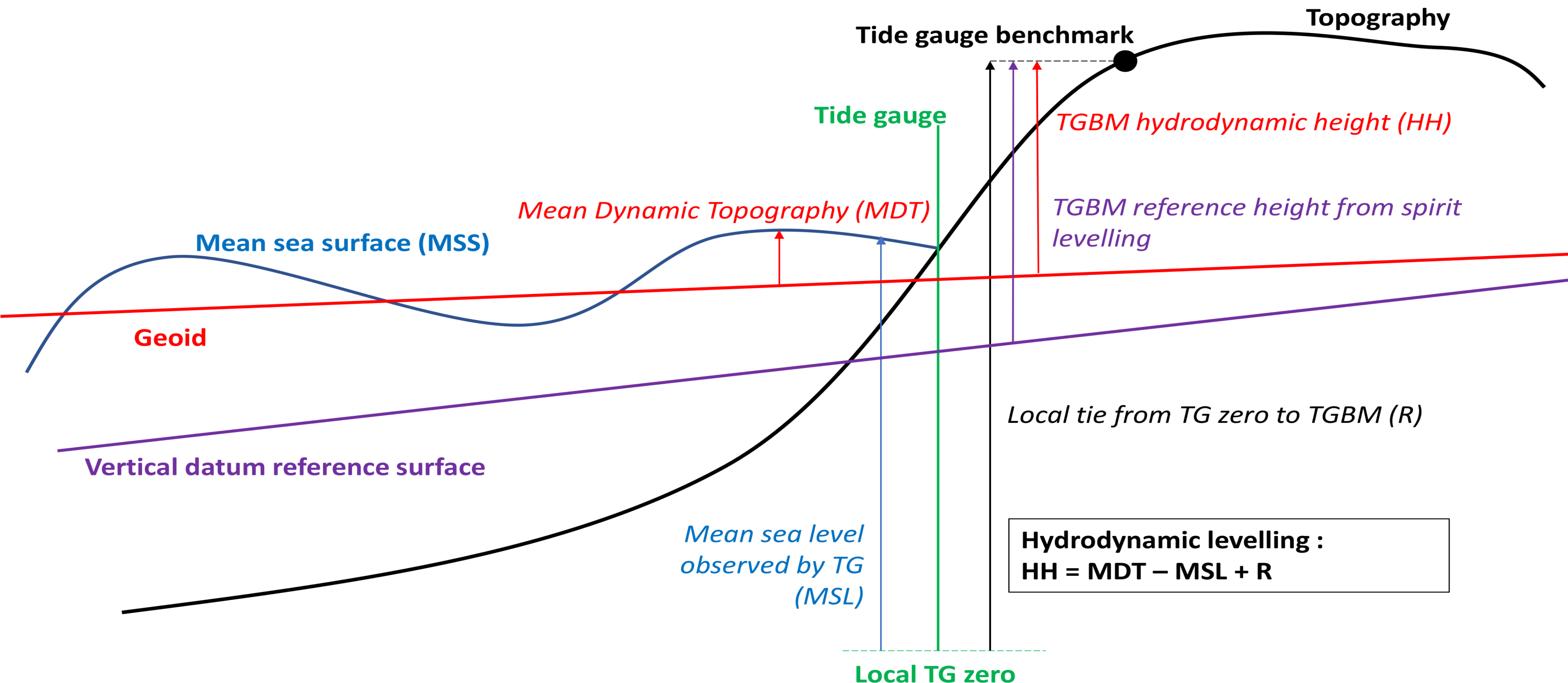
Problèmes similaires dans d'autres pays : exemple de l'Australie (Hamon & Greig, 1972), résolu par **nivellement hydrodynamique** et utilisation de la topographie dynamique de l'océan (Featherstone & Filmer 2012). Voir aussi (Penna et al 2013) pour la Grande Bretagne

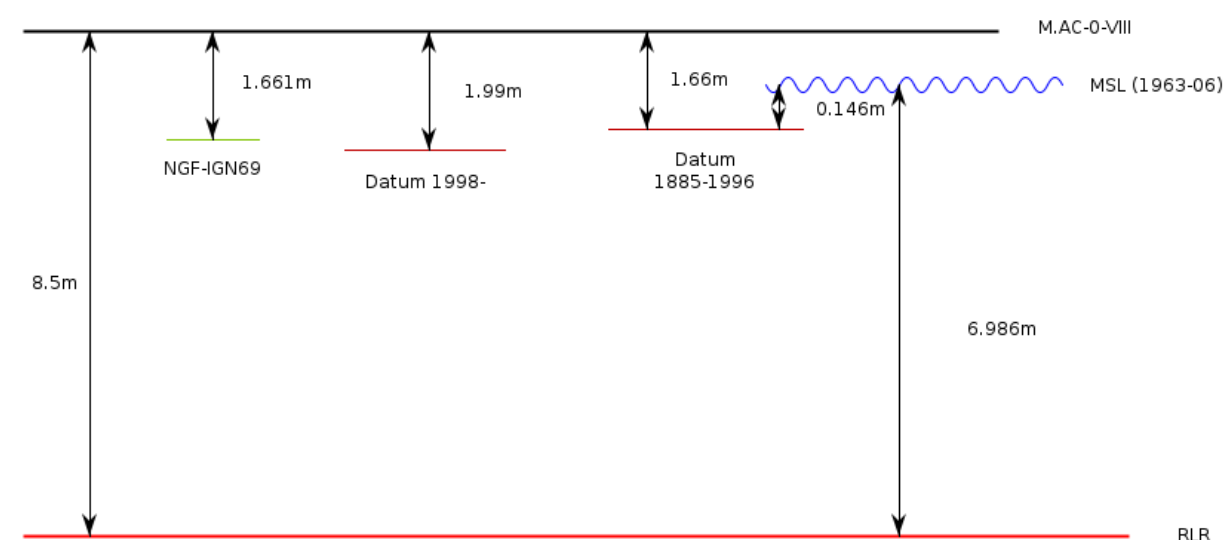
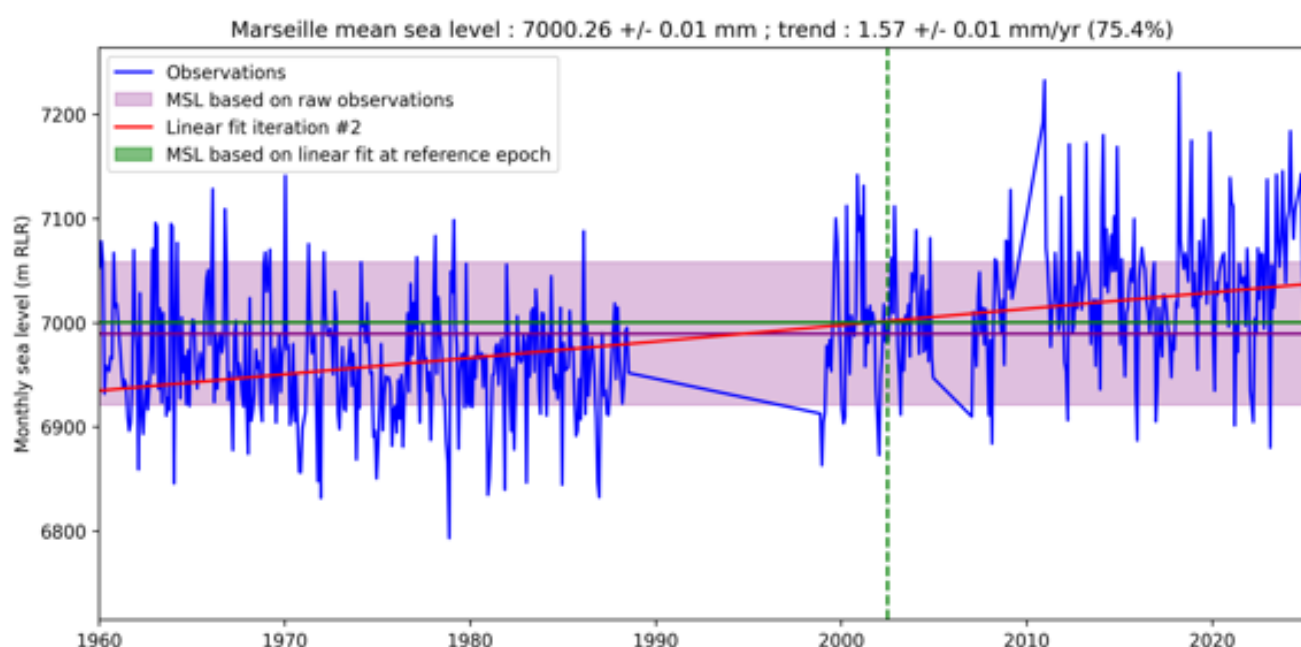


Enjeux (2) : l'évaluation des systèmes d'altitudes

La méthode historique de la cohérence terre-mer

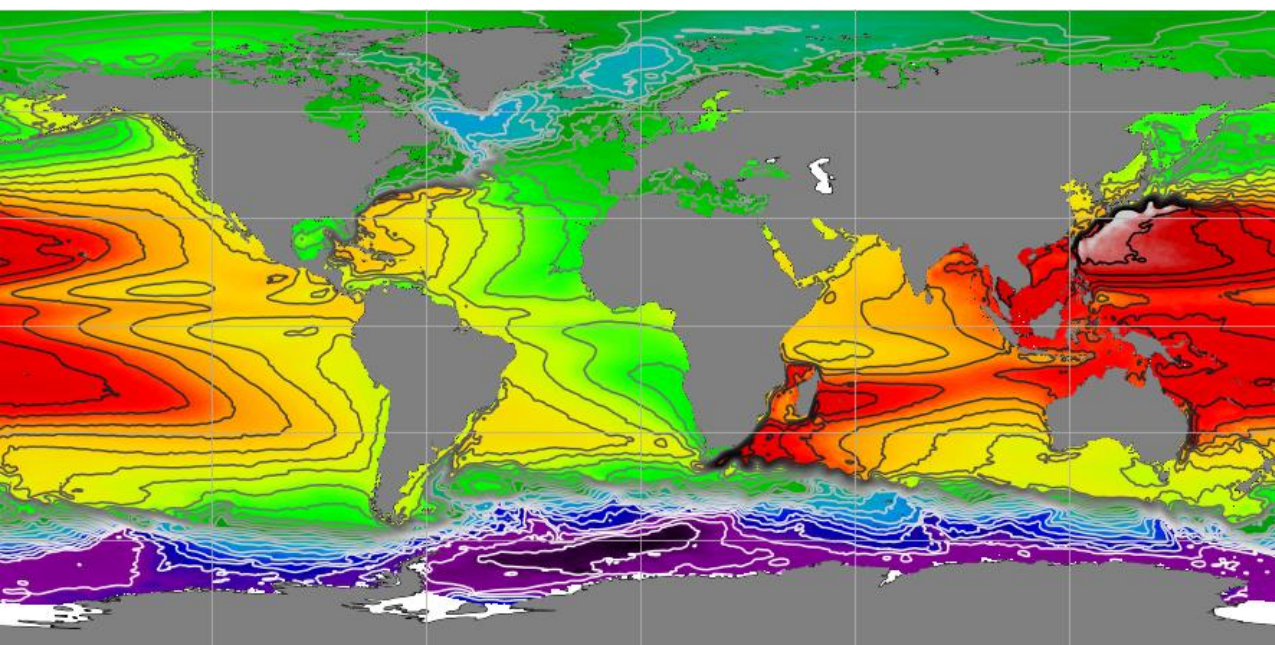
Principe du nivellement hydrodynamique





Données mensuelles des marégraphes du PSMSL

Vecteur vertical entre zéro du chaque marégraphe et repère de nivellement



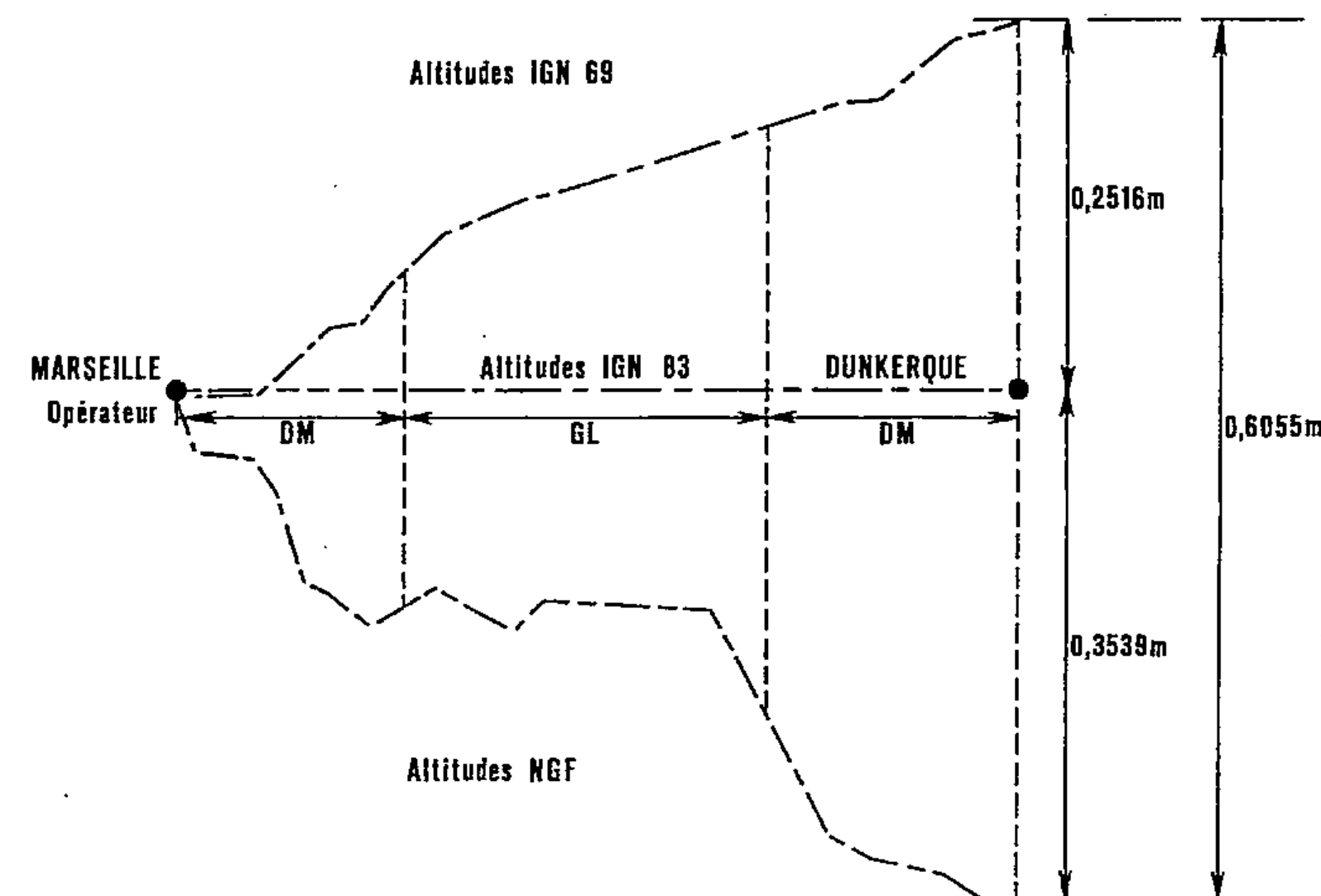
Modèle(s) de topographie dynamique moyenne de l'océan : CNES-CLS22, DTU22, DTUUh22

Dénivelée Marseille-Dunkerque, indicateur historique de la pente sud-nord

Différence de dénivelée entre altitudes dans le système légal
IGN69 et celles issues du nivellement hydrodynamique : **-0.2539**
+/- 0.0790 m

NB: **incertitudes probablement surestimées** car les covariances
ne sont pas encore intégrées au calcul

Confirmation du calcul de 1989 basé sur la première traverse de
nivellement scientifique NIREF
(-0.2516 m, Kasser 1989)



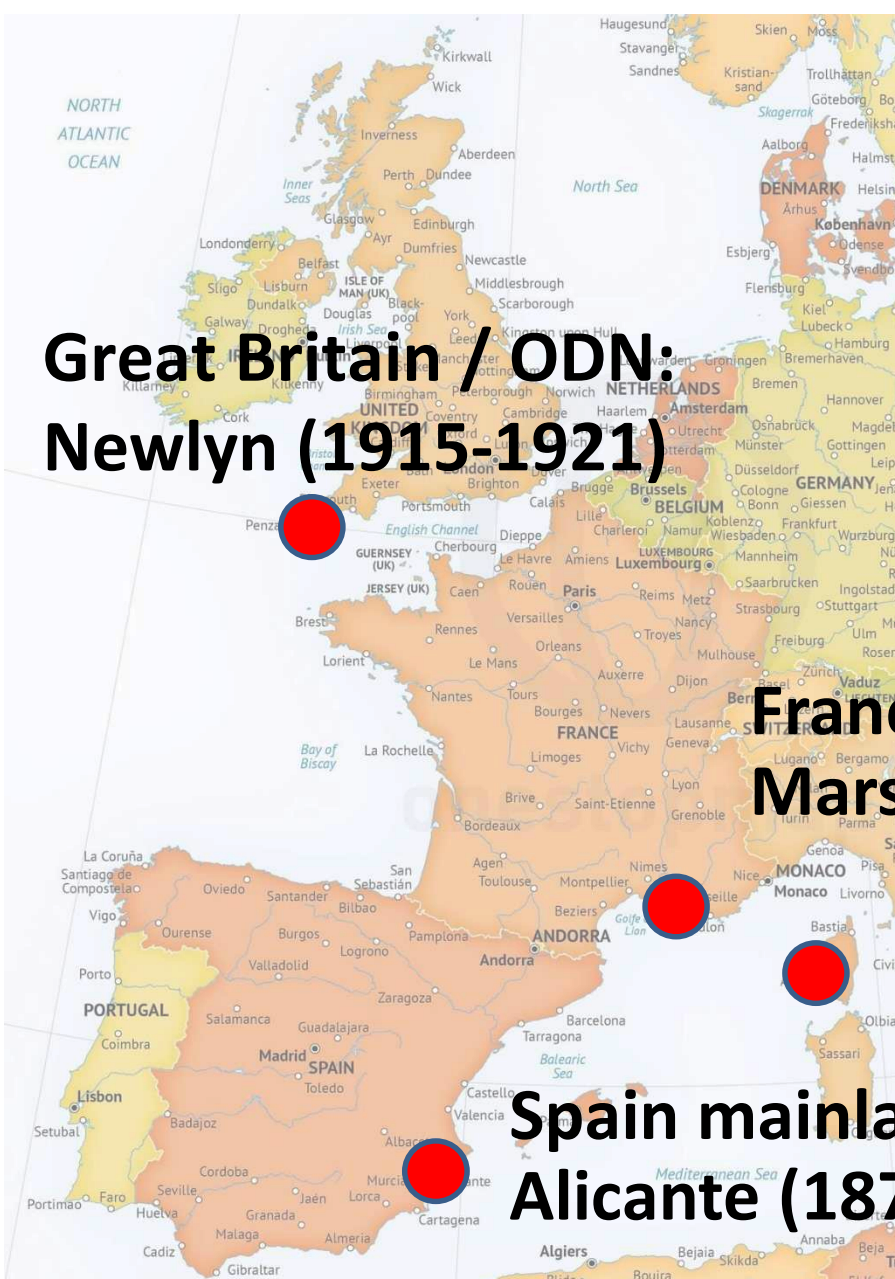
La comparaison rigoureuse des systèmes altimétriques doit être réalisée entre leurs origines, pas à leur connexion F

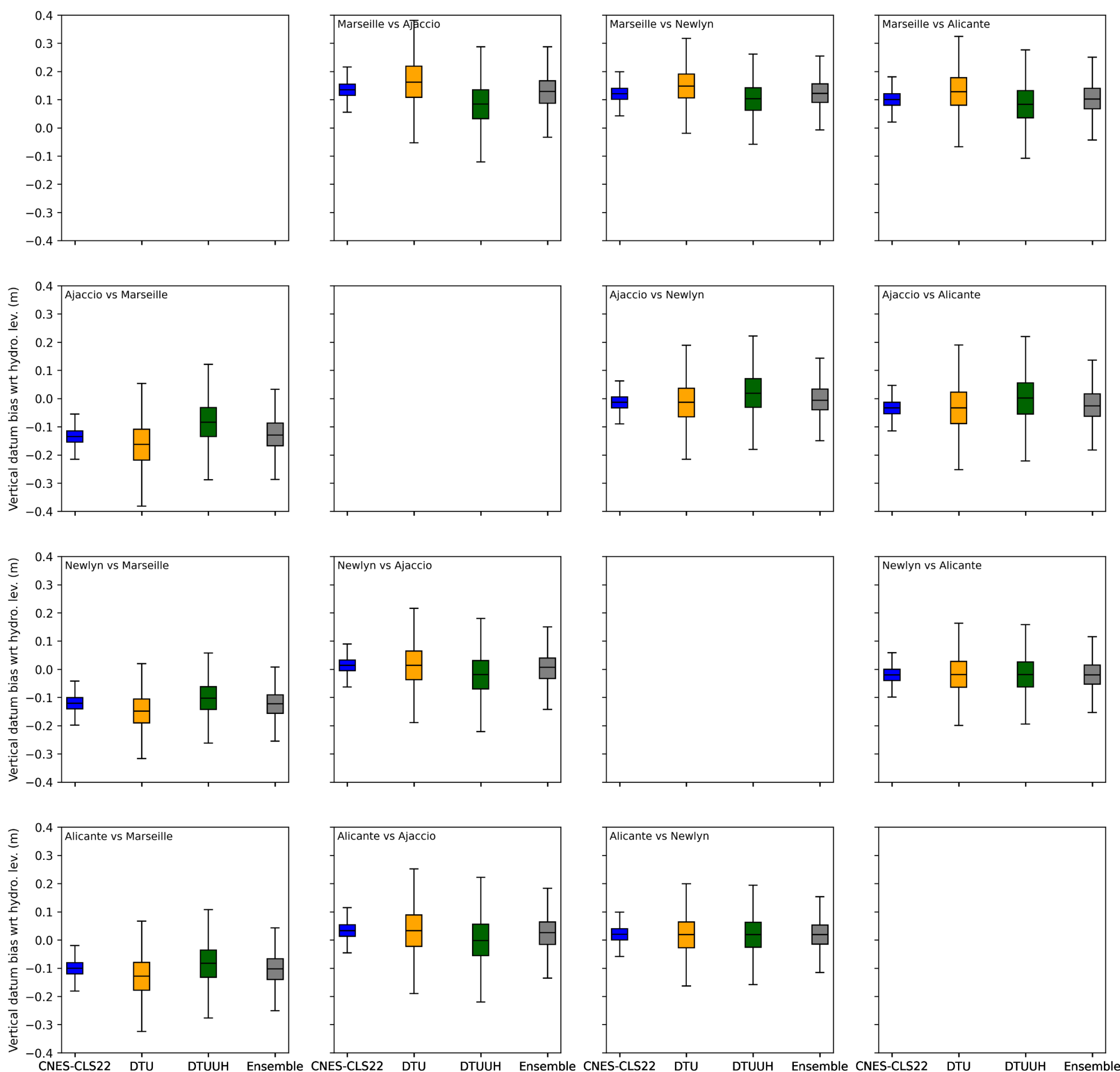
Pour les marégraphes A et B origines de leur systèmes altimétriques respectifs (1 et 2), le biais est calculé comme :

$$(H_D(A) - H_D(B)) - (H_H(A) - H_H(B))$$

Les dénivelées entre origines de systèmes altimétriques révèlent :

- Les variations du niveau de la mer entre les différentes périodes de référence
- La topographie dynamique moyenne différente entre les différents marégraphes
- Tout autre constante possiblement ajoutée



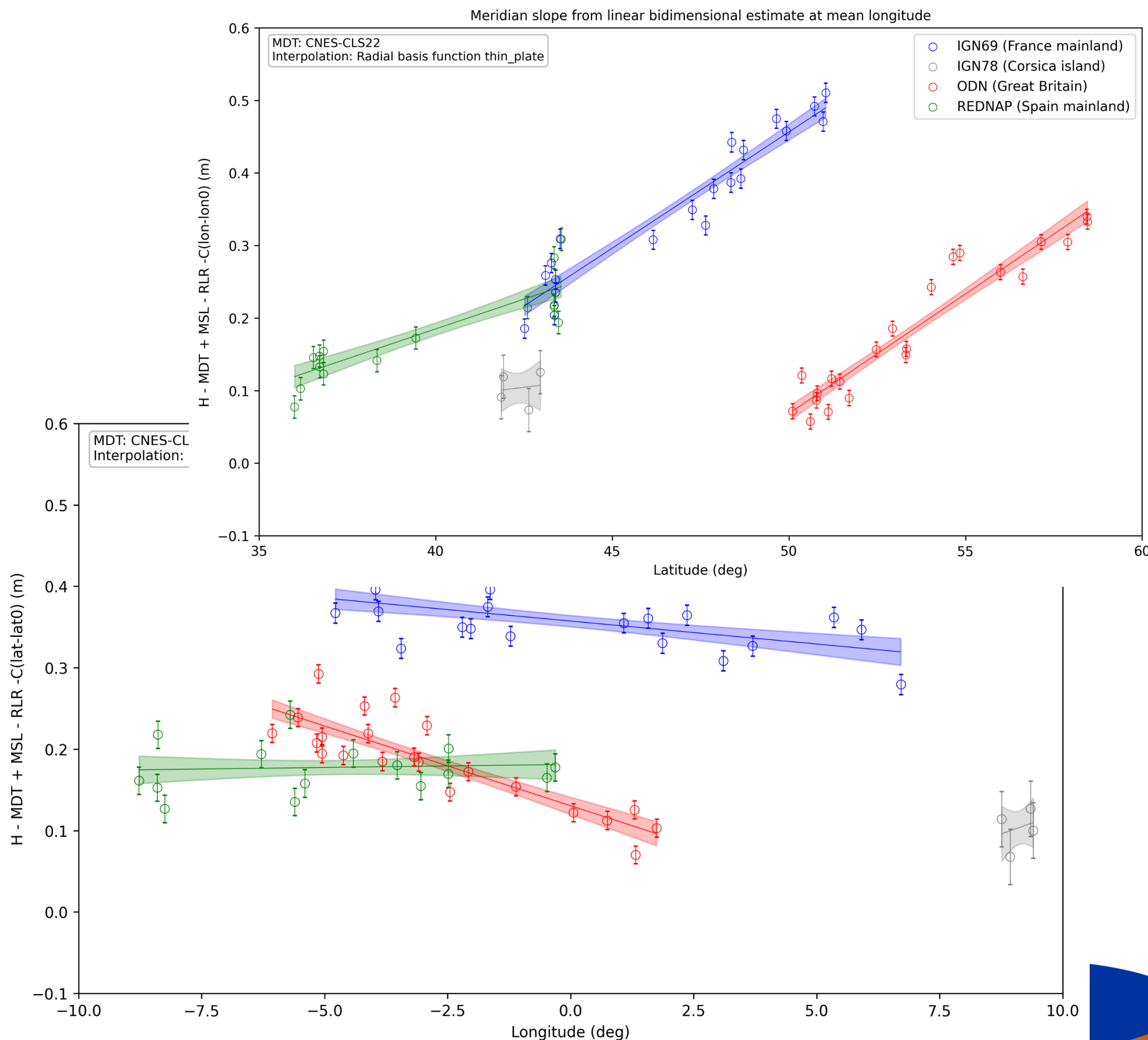


L'origine de l'IGN69 (Marseille) est plus basse que celles des autres systèmes (ensemble):

- IGN78 (Ajaccio): 0.1255 ± 0.0734 m
- ODN (Newlyn): 0.1237 ± 0.0571 m
- REDNAP (Alicante): 0.1042 ± 0.0640 m

Bon accord entre modèles de MDT

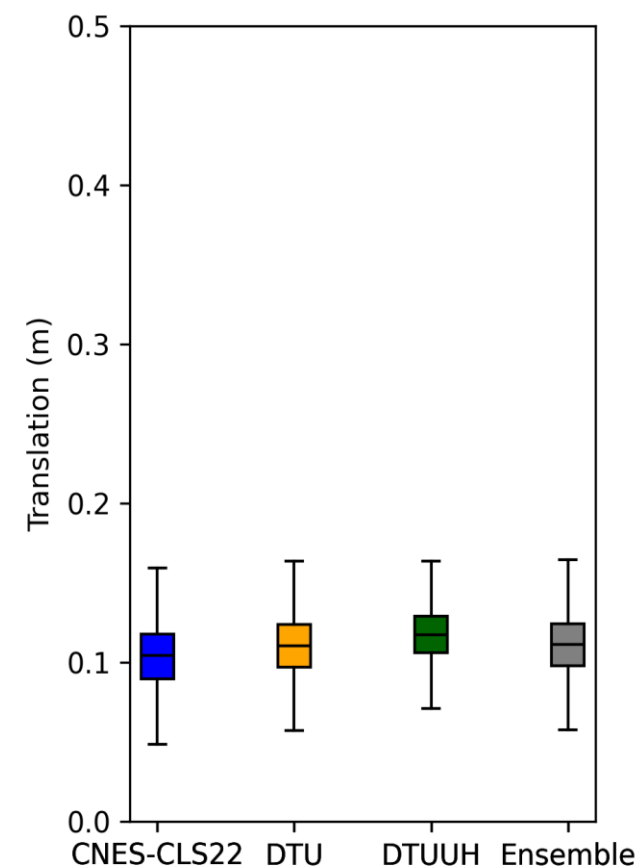
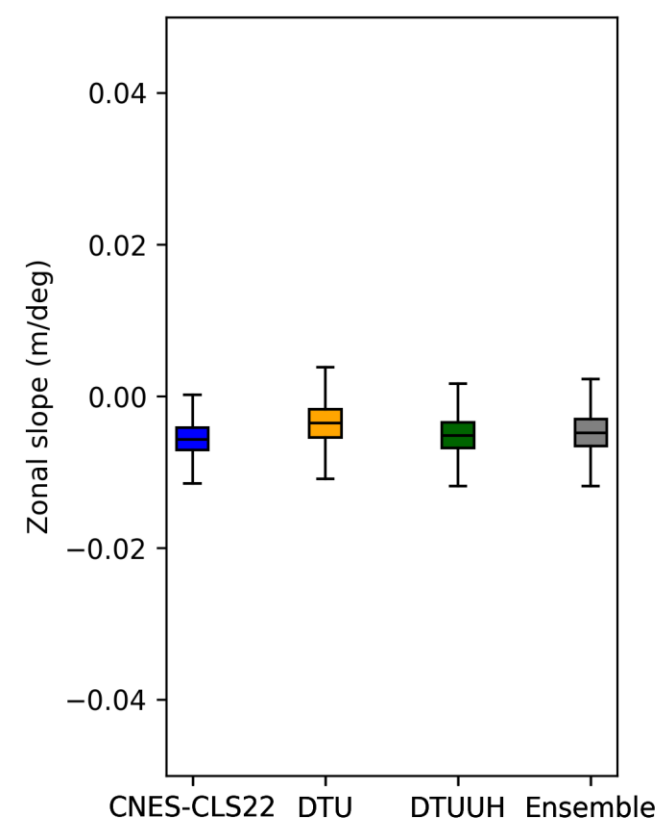
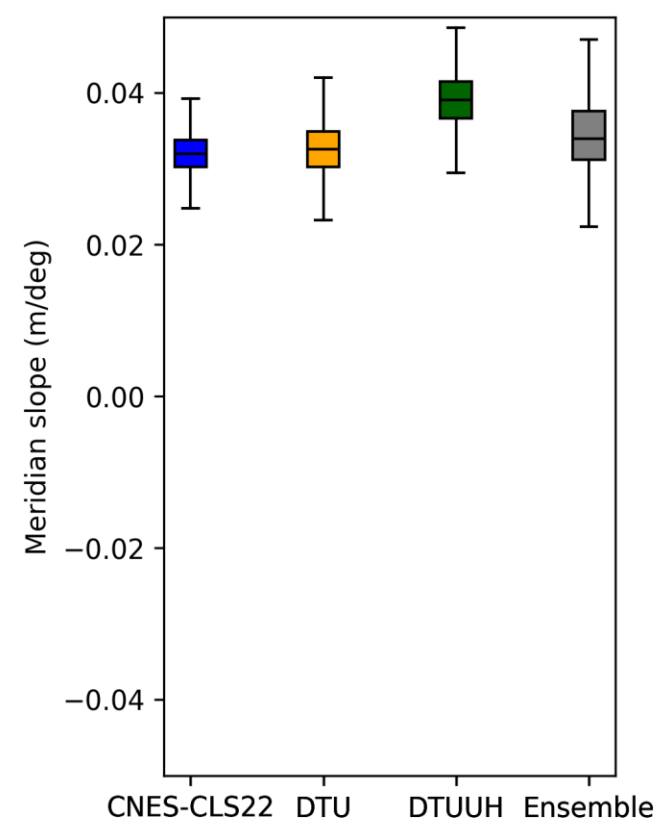
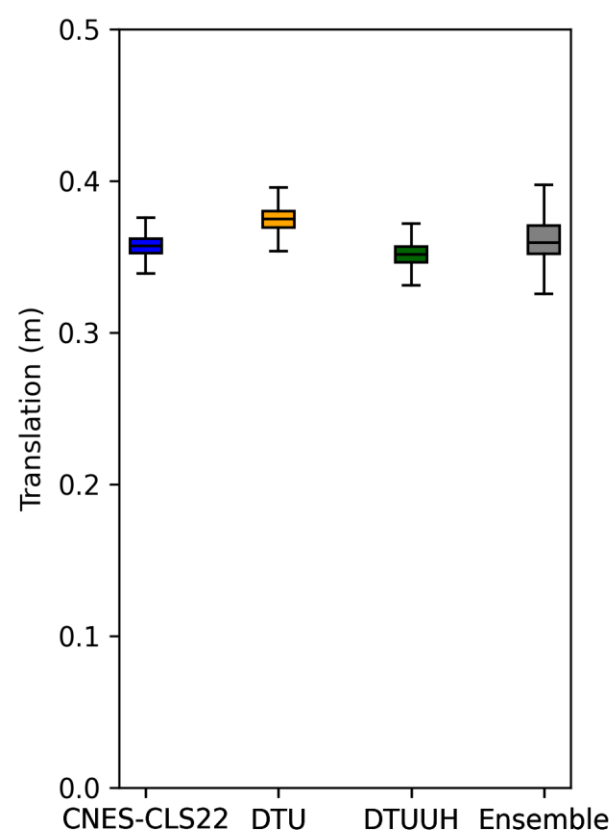
NB: incertitudes encore surestimées (même approche que pour Marseille-Dunkerque)



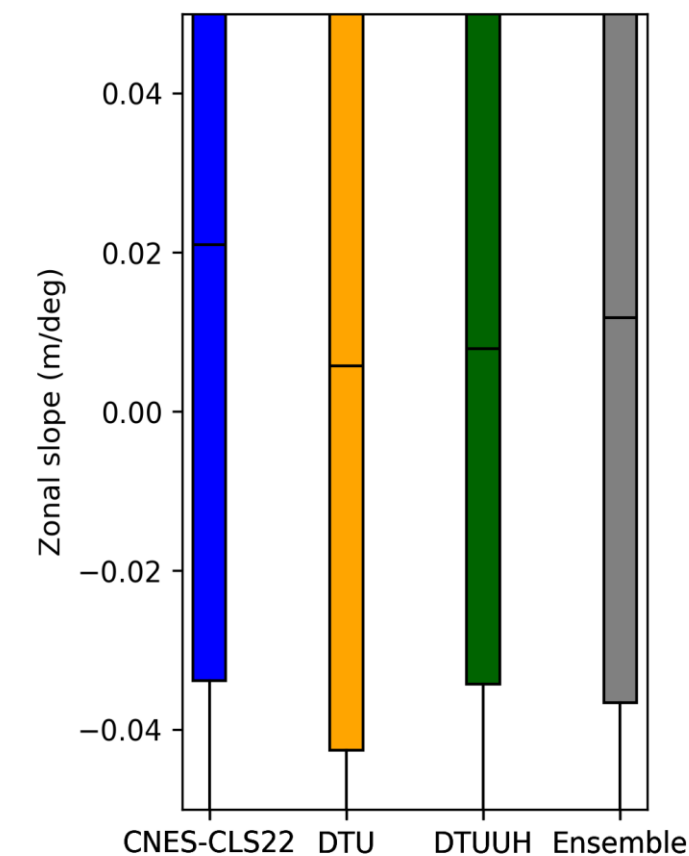
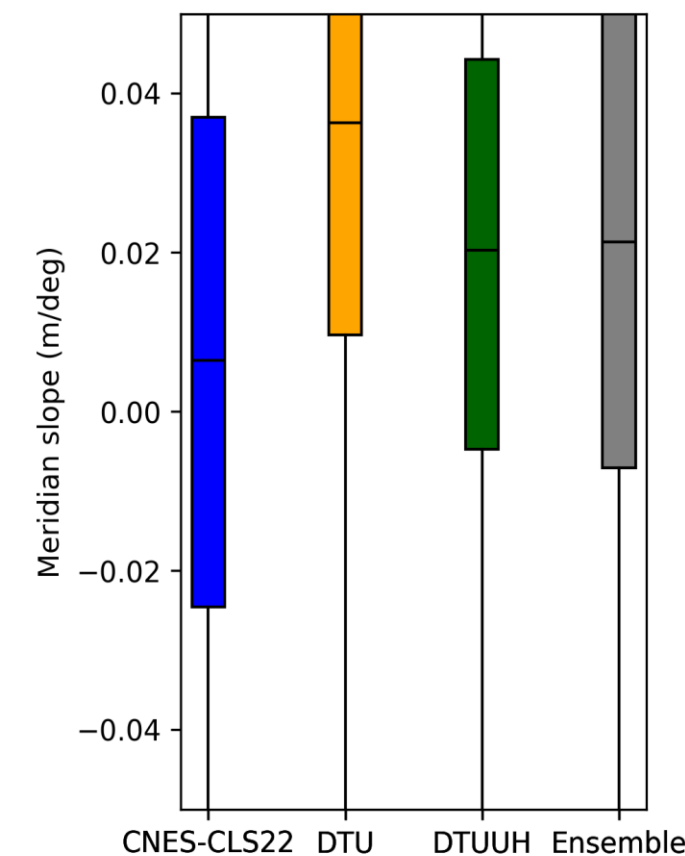
- Nous pouvons calculer la **différence entre altitudes dans le système légal, basées sur nivellement, et celles dans le système hydrodynamique ($H_D(A) - H_H(A)$)**, et ajuster le biais moyen et les pentes sud-nord et ouest-est par : $H_D - H_H = A + B\phi + C\lambda$

- Figures: pentes estimées avec la MDT CNES-CLS22 pour les systèmes altimétriques IGN69, IGN78, ODN, et REDNAP (haut: pente méridienne; bas : pente zonale)

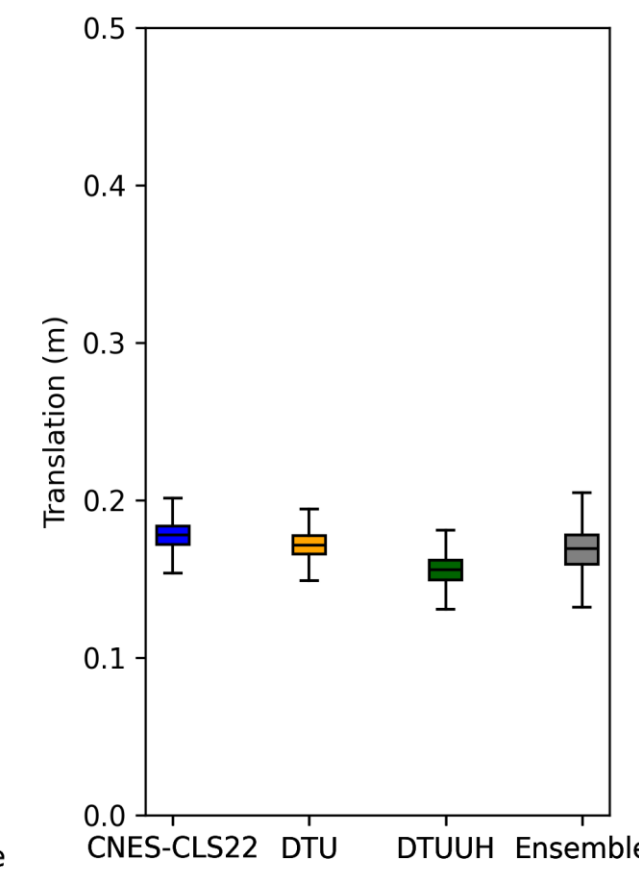
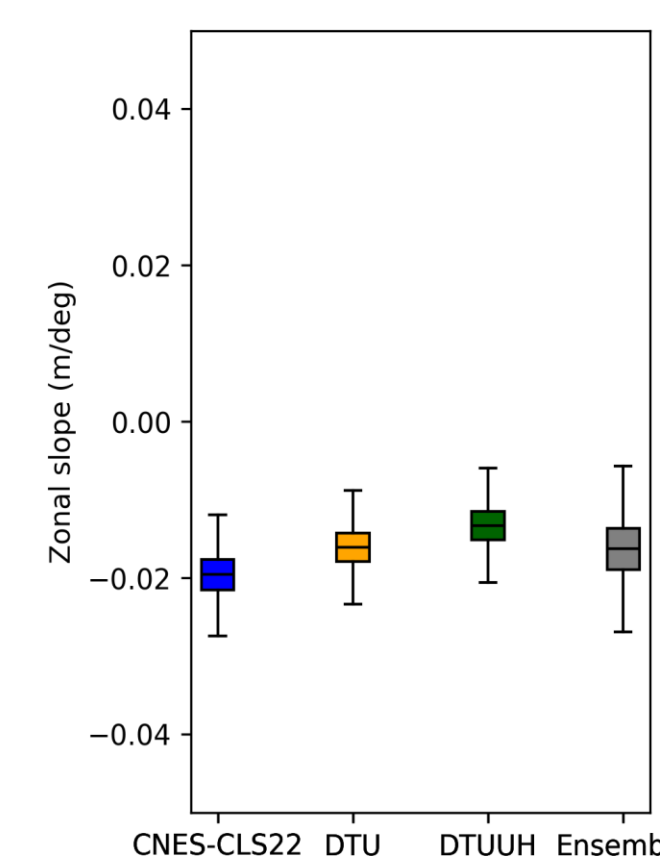
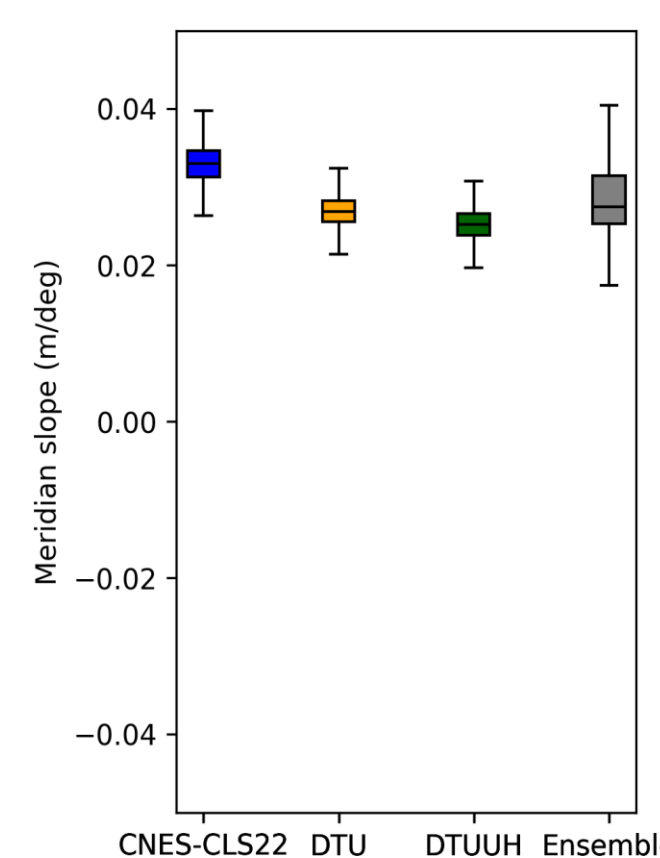
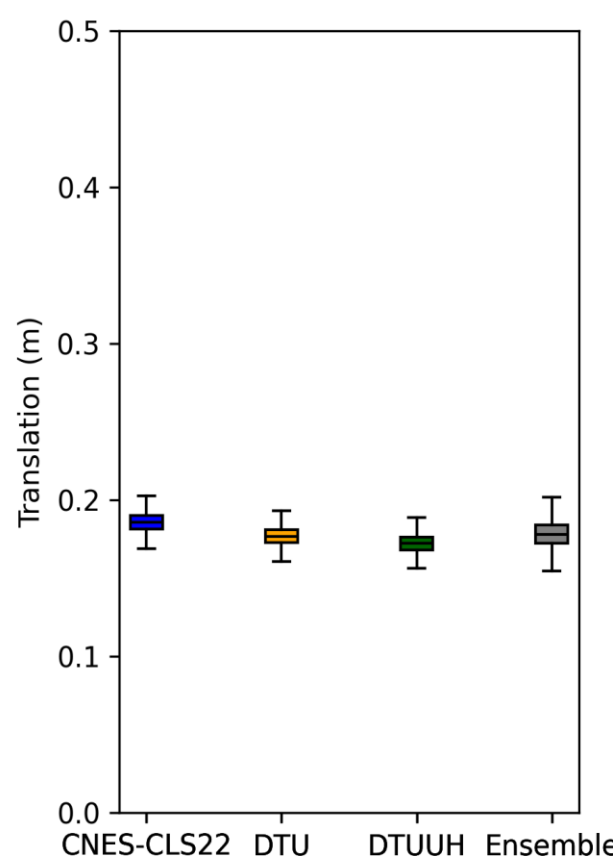
France mainland IGN69



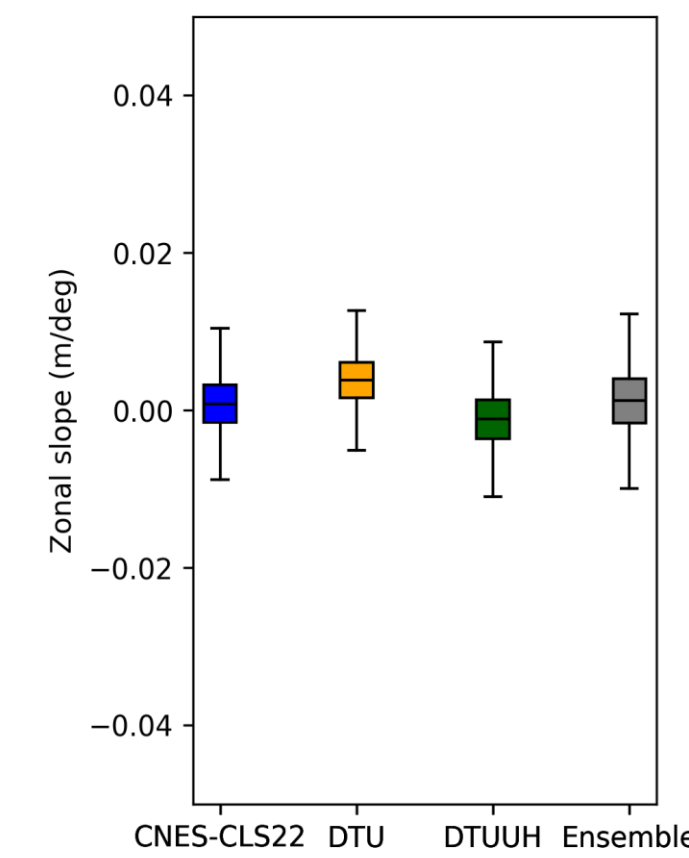
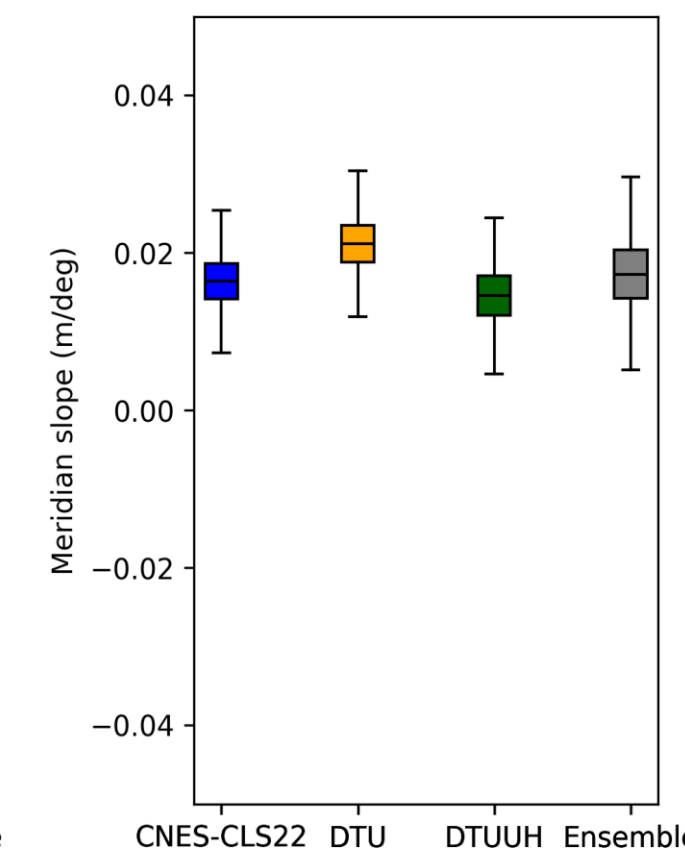
Corsica IGN78



Great Britain ODN



Spain mainland REDNAP



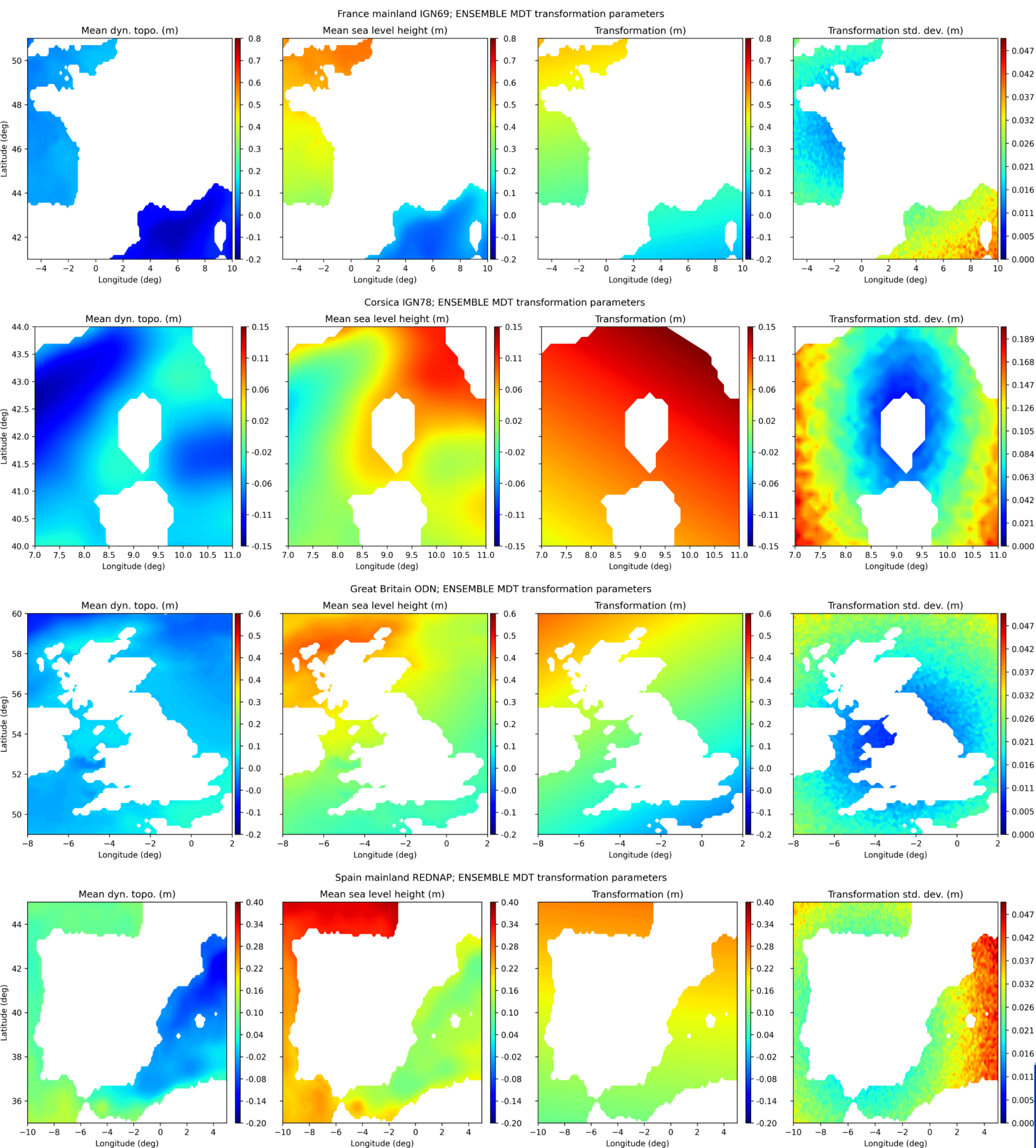
Expression des produits de l'altimétrie satellitaire dans les systèmes d'altitudes

Jonathan Chenal
Institut national de l'information
géographique et forestière

Lignes (de bas en haut) : France, Corse, Grande
Bretagne, Espagne

Colonnes (de gauche à droite) :

- MDT (par rapport au géoïde)
- MDT par rapport au système d'altitude local
- Grille de transformation
- Ecart-type de la transformation (généralement <3cm)



Expression des projections climatiques de niveau de la mer dans les systèmes d'altitudes

Méthode :

Reconstruire la surface de référence du GIEC (1995-2014) par rapport au géoïde : $ADT_{GIEC} = MDT + \langle SLA \rangle_{GIEC}$

Application du modèle de transformation

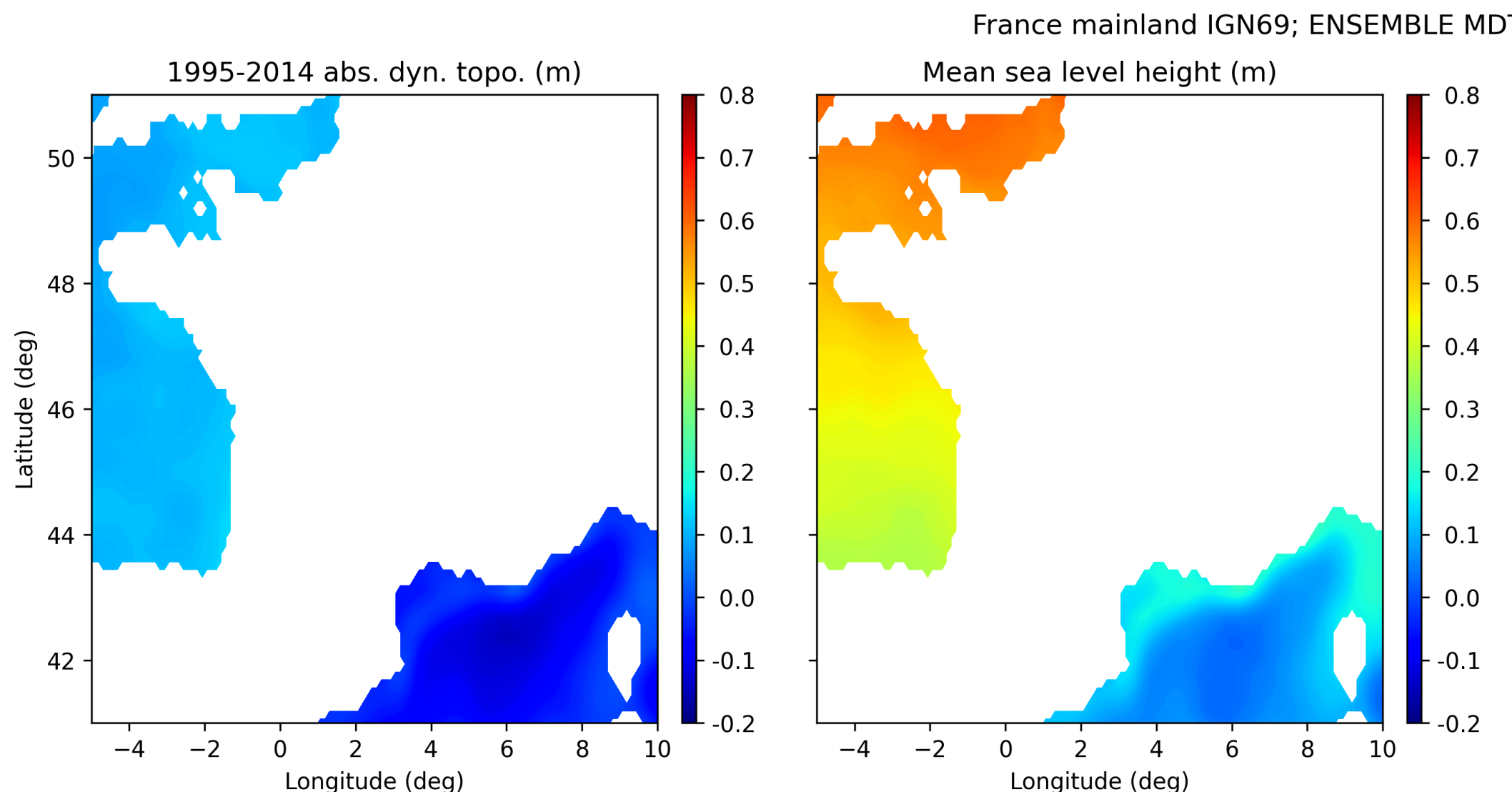
⇒ Grille de référence à ajouter aux projections d'élévation du niveau de la mer du GIEC pour les exprimer en altitudes

Quelques valeurs préliminaires :

- Marseille : 15 cm
- St Jean de Luz : 36 cm
- Brest : 51 cm
- Dunkerque : 61 cm

Effets cumulés de :

- Différence entre période de référence IGN69 (1885-1896 vs GIEC) ~ 15 cm
- Différence de niveau Méditerranée vs Atlantique ~ 20 cm
- Pente du système IGN69 ~ 25 cm entre Marseille et Dunkerque



Nivellement hydrodynamique, une double unification :

- Terre – mer
- Marégraphie – altimétrie spatiale

Permet de revisiter rigoureusement le concept de 'niveau de la mer relatif'

Usage géodésique de la MDT (voir présentation de S. Jousset) :

- Confirmation des pentes méridienne et zonale des systèmes altimétriques légaux
- Connexion verticale cohérente entre territoires séparés par la mer
- Introduction possible des dénivelées hydrodynamiques dans les recalculs des systèmes altimétriques (perspective de modernisation de la référence altimétrique nationale française)
- **Expression des produits marins (altimétrie spatiale, simulations de modèles) en tant qu'altitudes légales => plans de préventions des risques, recul trait de côte, aménagements, etc**

Limites actuelles et travaux en cours :

- Pré-traitements pour assurer cohérence marégraphie/altimétrie : effet de la pression atmosphérique, longs cycles de marées, système de marée permanente
- Introduction des covariances pour une évaluation plus rigoureuse des incertitudes

Merci de votre attention

Jonathan.chenal@ign.fr