



ORREC



Simulation de l'épisode de pluies intenses de novembre 2019 avec le modèle régional de climat WRF

Moussa Mohamed Waberi, PhD

Chercheur en climatologie

CERD/ORREC

Ateliers de Modélisation de l'Atmosphère (AMA)

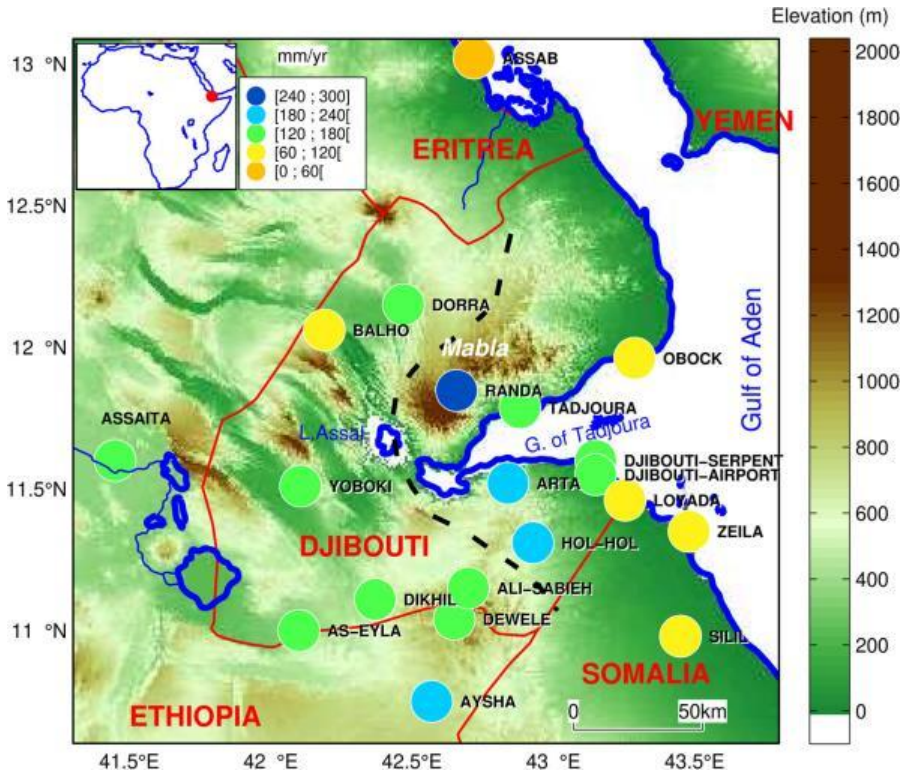
18 mars 2026 – Toulouse

Climat de Djibouti

☐ Moyenne annuelle : Pluviométrie de **150 mm** | Température de **30,1°C** | ETP de **2000 mm**

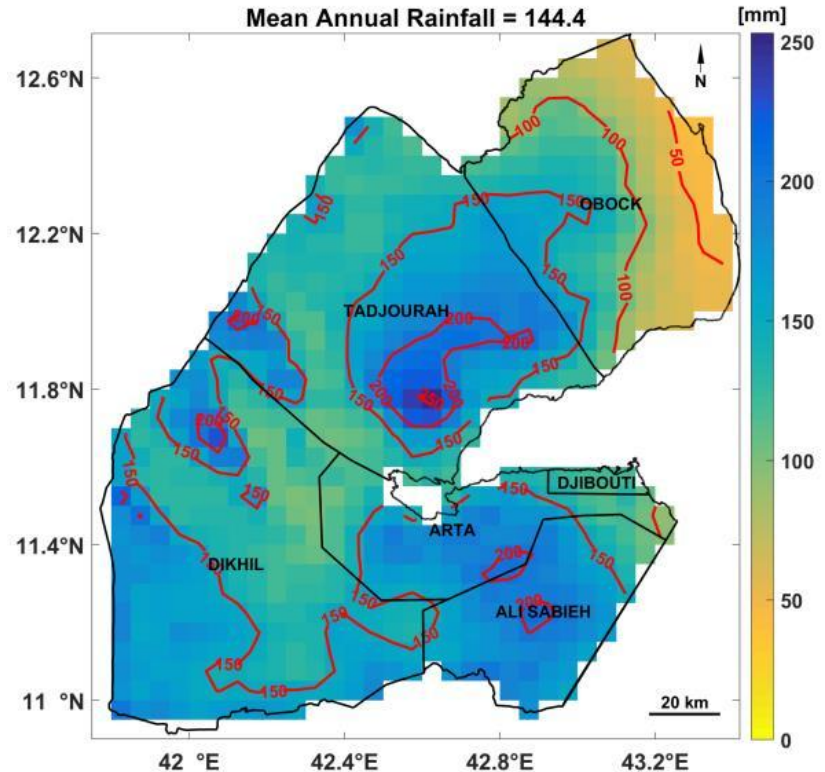
➡ Climat désertique chaud (BWh) selon Köppen-Geiger

Relief fort accidenté (-150 m à 2000 m)



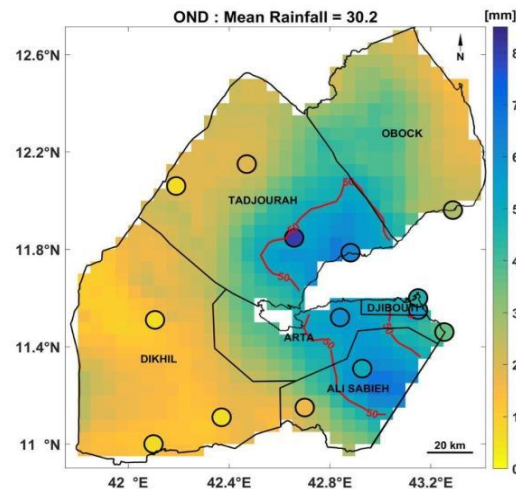
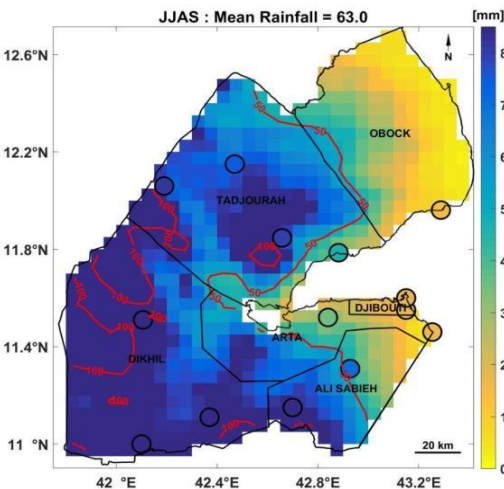
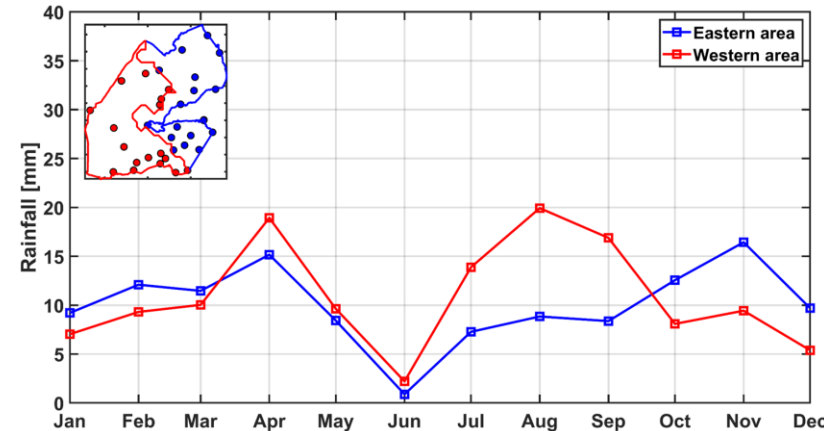
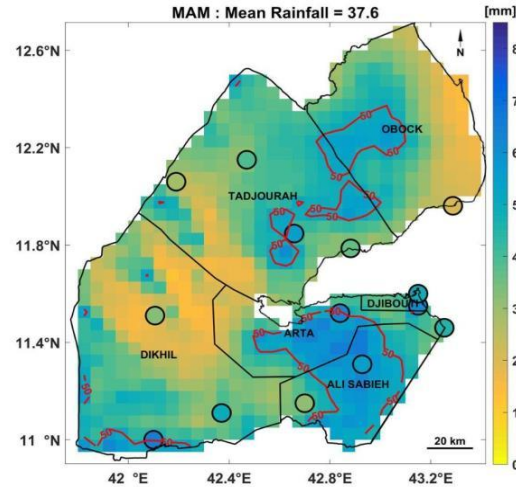
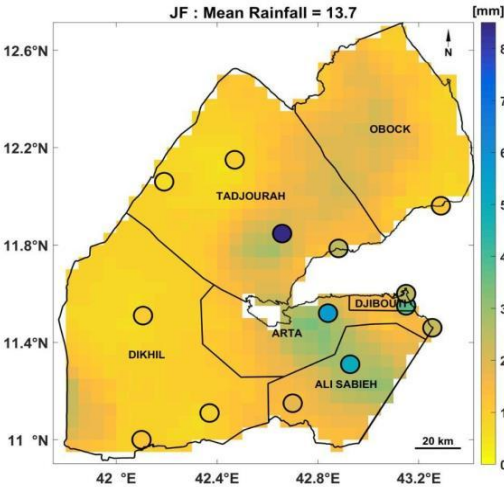
Carte d'altitude (WorldClim).

Source : [Assowe Dabar et al. \(2021\)](#)



Pluviométrie moyenne annuelle (CHIRPS)

Climat de Djibouti



- ☐ Précipitations possibles tous les mois de l'année (sauf en juin)
- ☐ Régionalisation "Est/Ouest" des précipitations saisonnières

Objectif de l'étude

- ❑ **Climat de Djibouti** : chaud et aride avec forte variabilité des précipitations ➡ extrêmes climatiques sécheresses prolongées (Assowe et al. 2022) et pluies intenses (Waberi et al. 2023).
- ❑ **Épisodes de pluies intenses** : associés à des pertes en vies humaines et à des impacts socio-économiques importants (Cherel et al. 2020).
- ❑ **Objectif** : comprendre les mécanismes atmosphériques à une échelle spatio-temporelle fine pour renforcer la résilience.

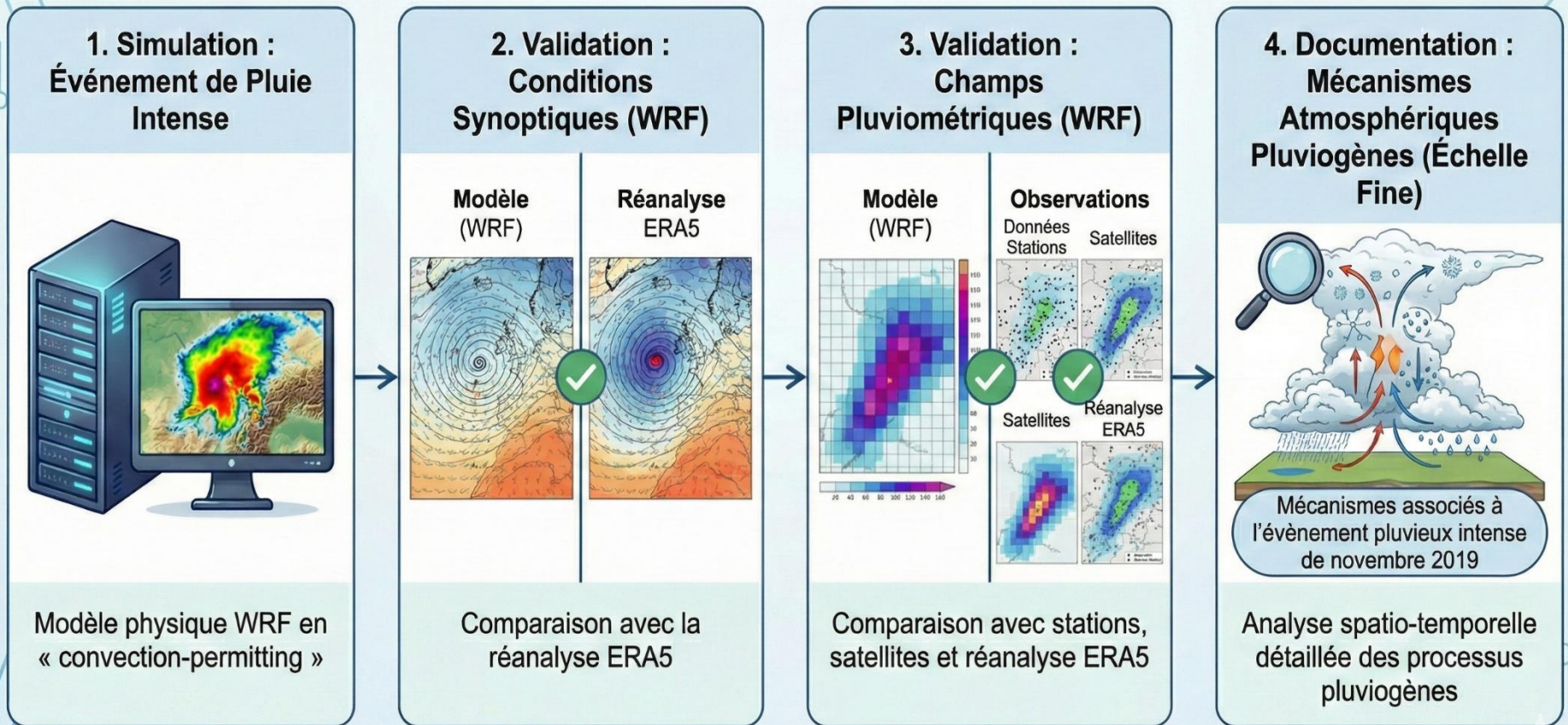


Inondation à Dubaï (UAE) - 18 morts
(16 avril 2024)



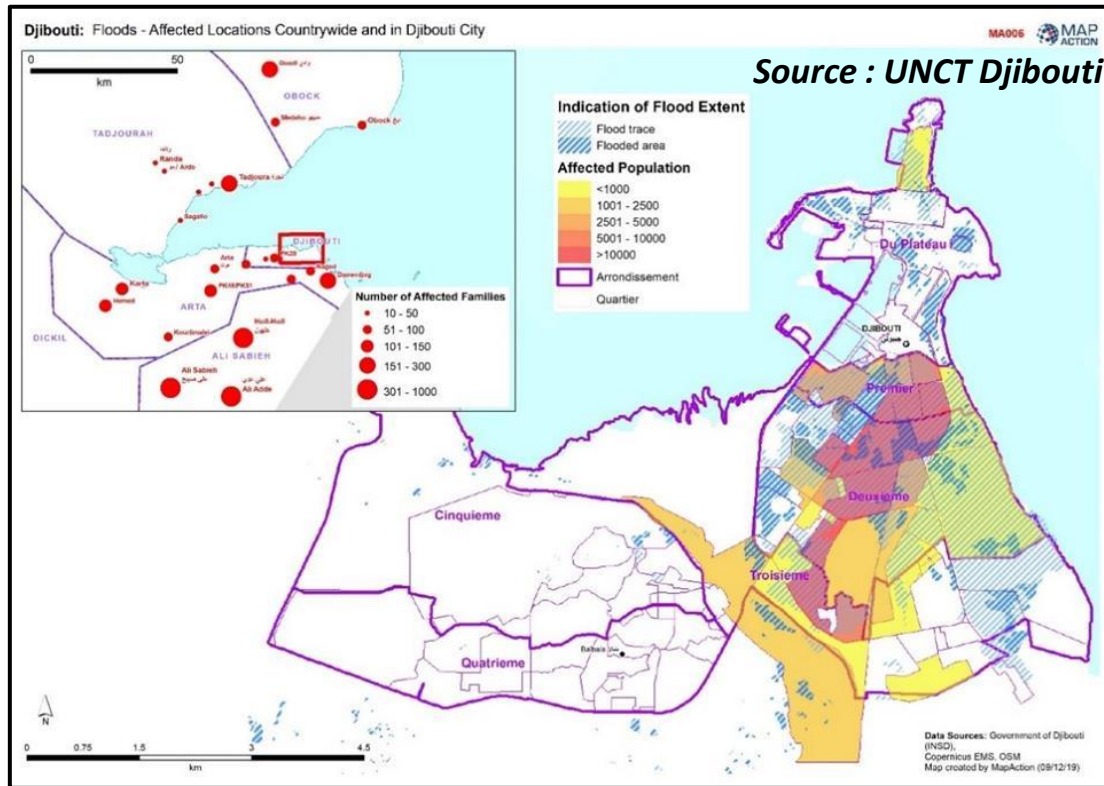
Inondation à Djibouti-ville – 7 morts
(24 novembre 2019)

Méthodologie de Recherche : Simulation et Analyse d'un Événement de Pluie Intense



Objectif : Compréhension approfondie des processus physiques conduisant aux précipitations extrêmes.

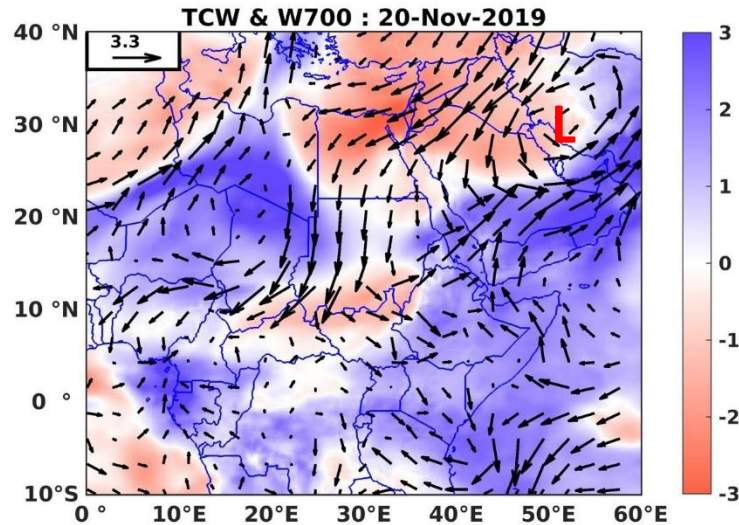
Aperçu de l'événement pluvieux



Zones affectées par les inondations de novembre 2019

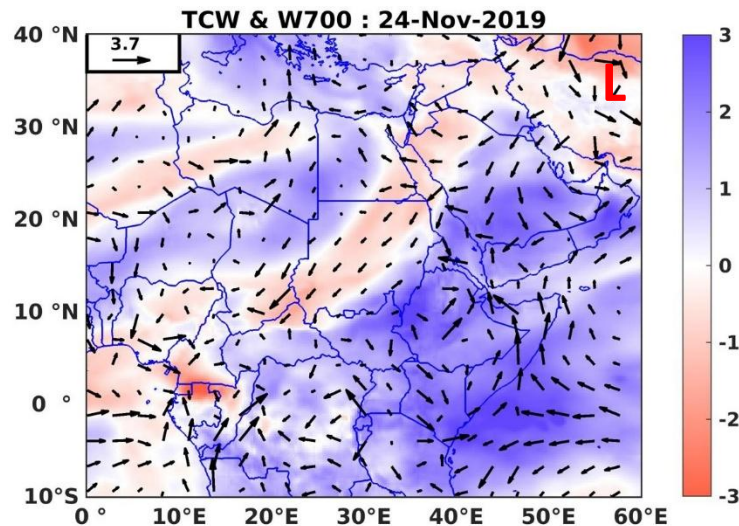
- Des fortes pluies se sont abattues sur Djibouti entre le **21 et 24 novembre 2019**.
- Le pic de l'événement était entre le **22 et 23 à Djibouti-ville**.
- 250 000 personnes ont été touchées dans le pays, dont 150 000 dans la capitale ([UNCT Djibouti, 2019](#)).

Conditions synoptiques ERA5 de l'événement



20 au 22 novembre 2019

- Talweg d'altitude sur l'Arabie et l'Iran.
- Convergence d'humidité sur le sud de la mer Rouge.
- Tropicales plumes et pluies orageuses sur le flanc sud et sud-est du talweg.



23 au 24 novembre 2019

- Déplacement du talweg au delà du 60°E.
- Fin de l'épisode de pluie intense à Djibouti.

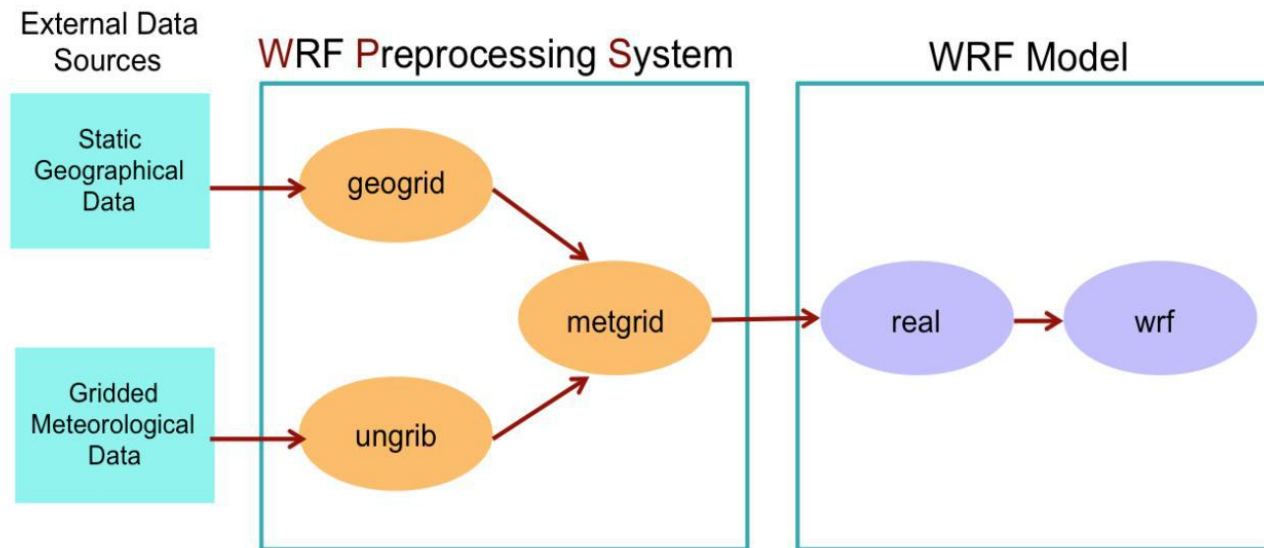
Cartes d'anomalies de vents (700 hPa) et d'eau précipitable

Ateliers de Modélisation de l'Atmosphère (AMA)

18 mars 2026 – Toulouse

Présentation du Modèle Régional de Climat (MRC)

- ❑ **WRF (Weather Research and Forecasting Model)** est un modèle de prévision météorologique multi-échelle développé par le NCAR et la NOAA ([Skamarock et al. 2019](#)).
- ❑ **Historique et version** : Lancé initialement en décembre 2000, le modèle est actuellement à sa **version 4**.
- ❑ **Architecture dynamique** : intègre deux cœurs de calcul, dont l'**ARW** (Advanced Research WRF) permettant des simulations allant de cas théoriques aux prévisions réelles ([Skamarock et al. 2019](#)).

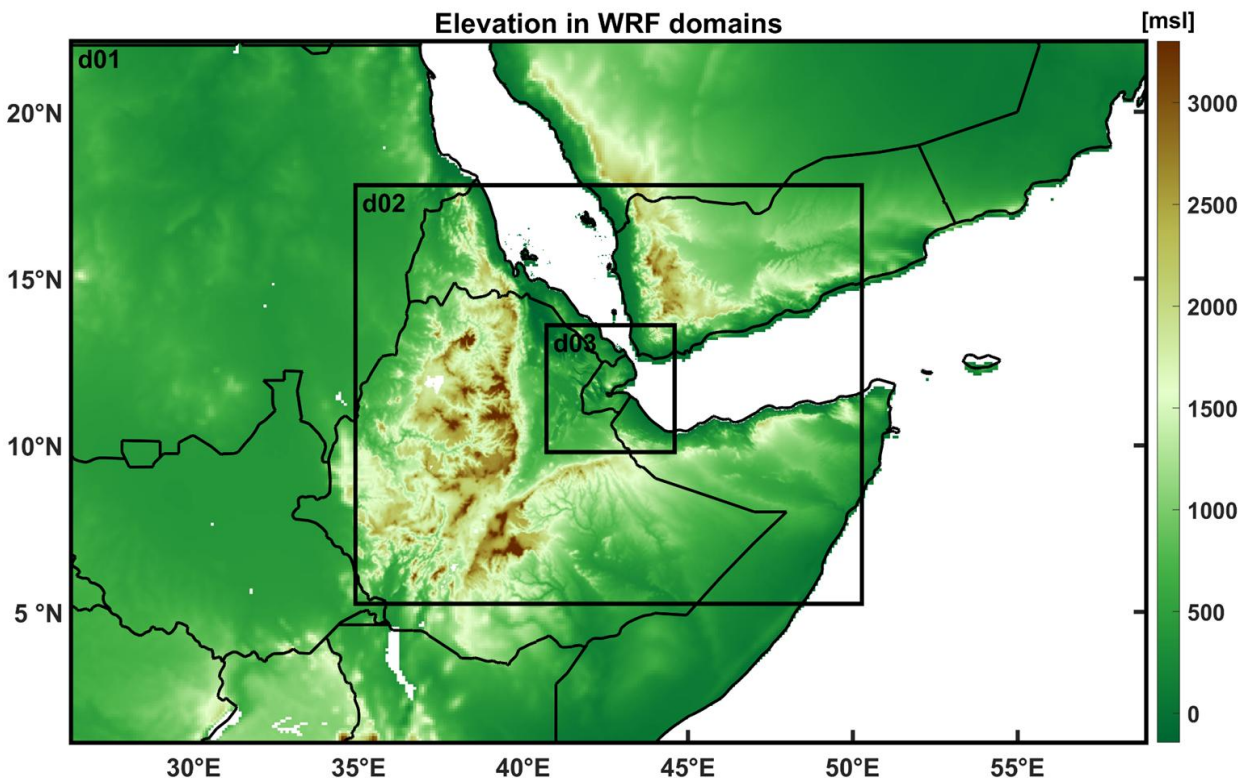


Flux de travail pour une modélisation réelle typique de WRF

Configuration Physique du Modèle WRF

Processus	Schéma choisi	Référence
Microphysique	WSM6 (mp=6)	Hong & Lim (2006)
Radiation (SW/LW)	RRTMG (ra=4)	Iacono et al. (2008)
Surface (LSM)	Noah (sf=2)	Ek et al. (2003)
Couche Limite (PBL)	YSU (bl=1)	Hong et al. (2006)
Cumulus	Kain-Fritsch (cu=1, 0, 0)	Kain (2004)

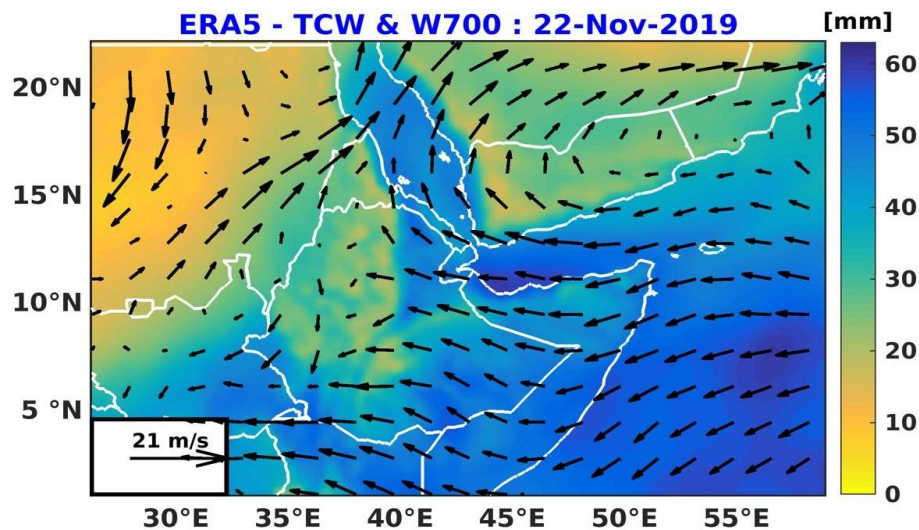
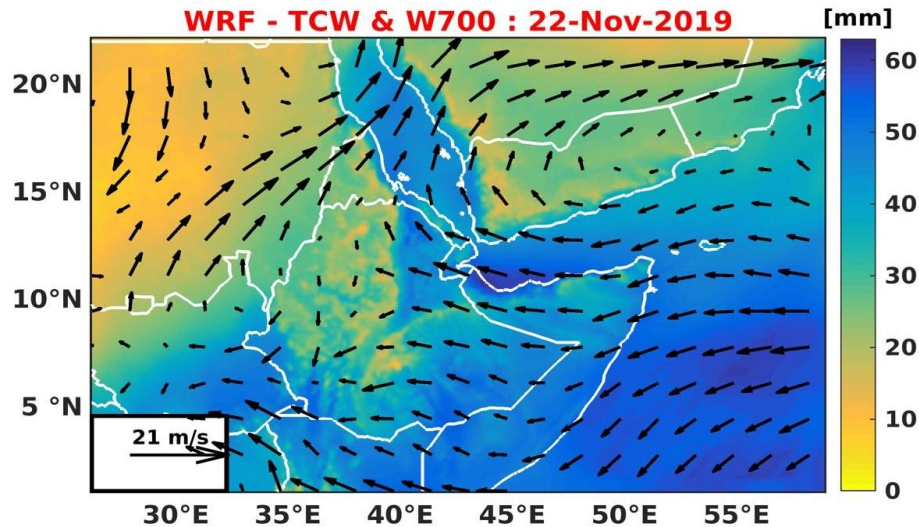
Simulation WRF de l'événement de novembre 2019



- ❑ **Modèle WRF forcé par ERA5** (20-24 novembre) avec des entrées 6h et des archivages horaires.
- ❑ **Définition de 3 domaines géographiques** (d01, d02, d03) avec des résolutions de 9, 3 et 1 km.
- ❑ **d01 est guidé par ERA5, d02 et d03 sont forcés par leur domaine parent en “one-way” nesting.**

Illustration des trois domaines emboîtés définis pour les simulations WRF

Validation des conditions synoptiques simulées

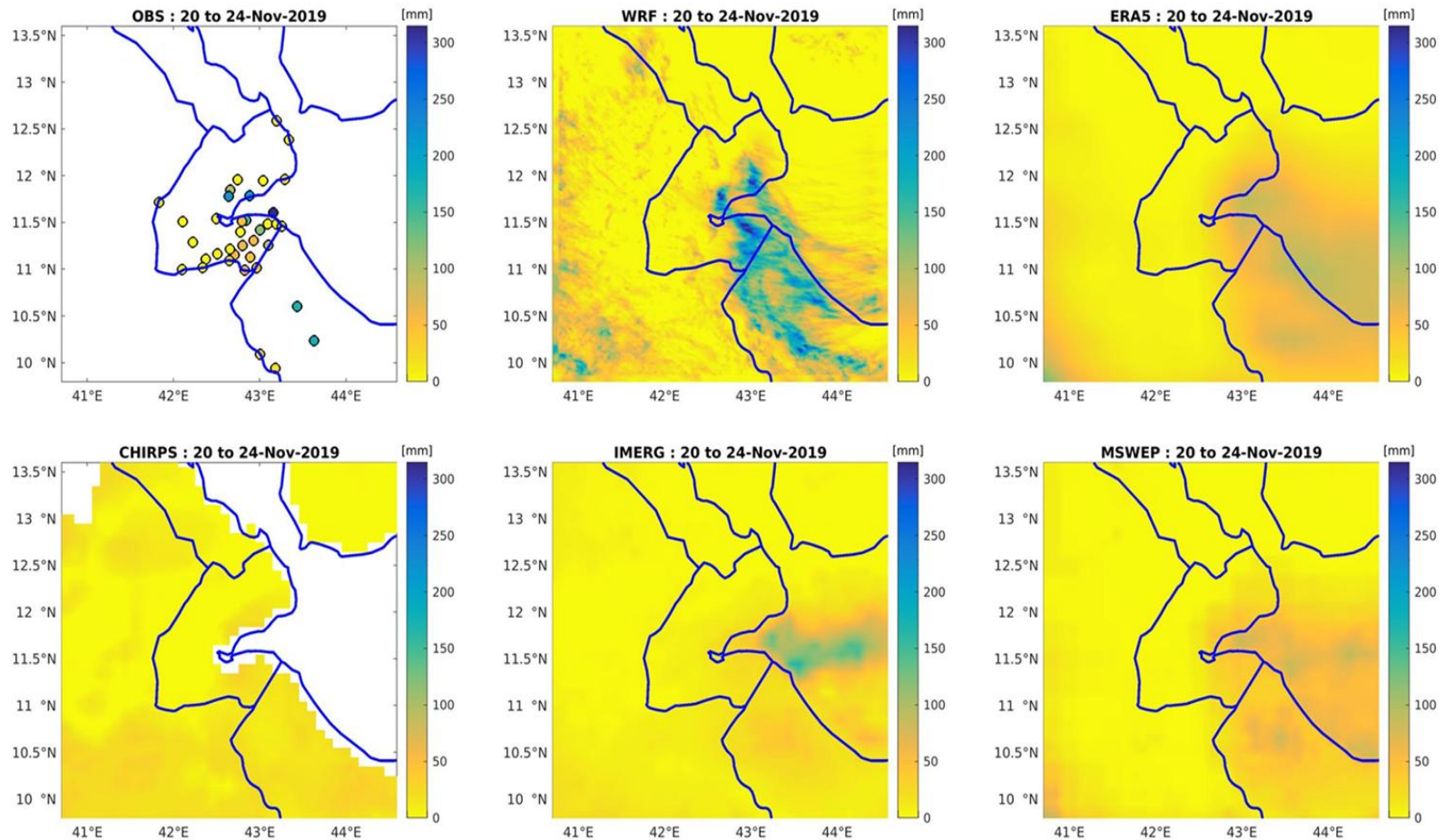


Cartes des vents (à 700 hPa) et d'eau précipitable

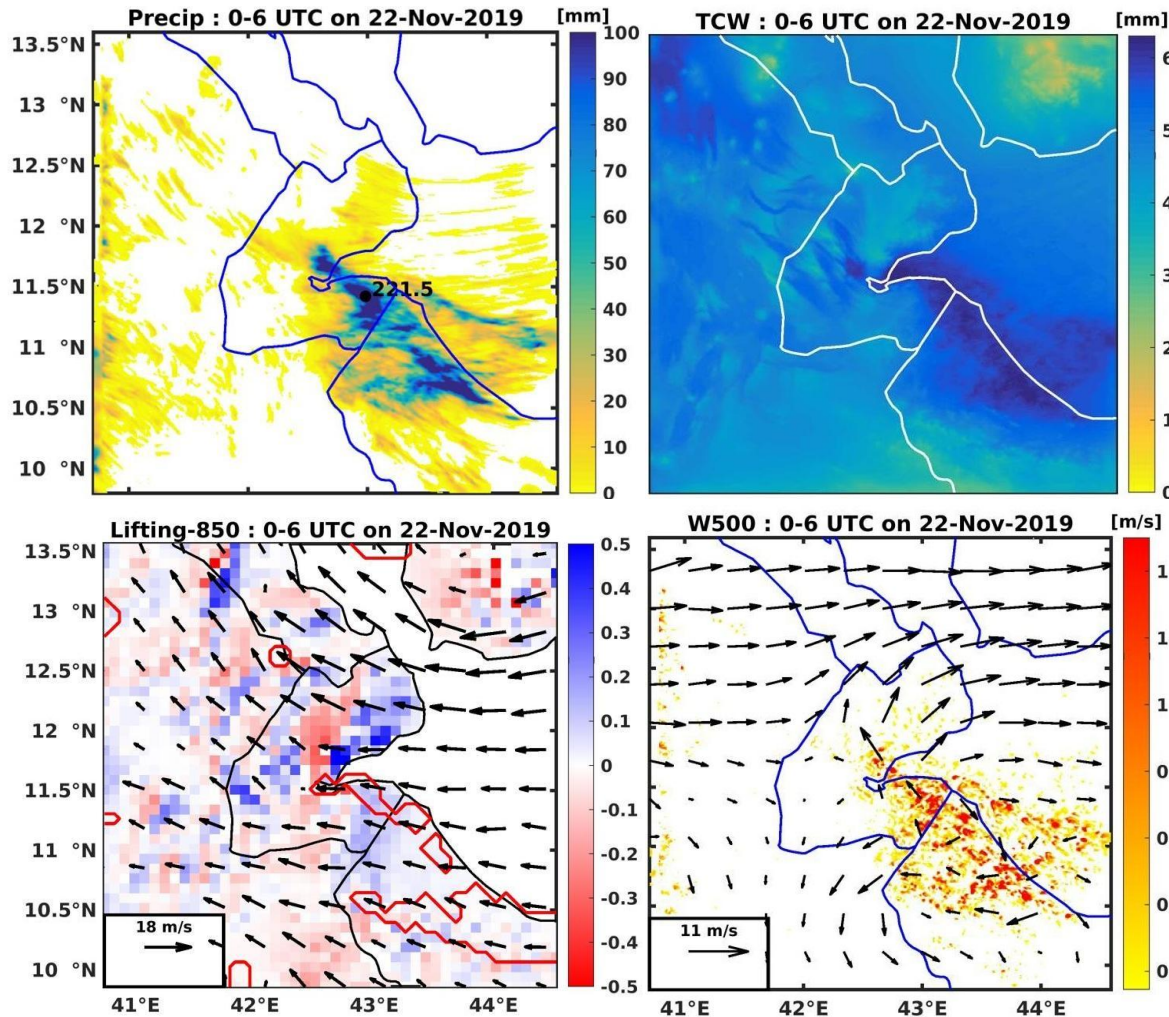
- Correspondance quasi-parfaite entre WRF et ERA5 (par construction - nudging).
- Quelques différences mineures : vents plus forts au Nord du Kenya dans ERA5 pour le 22 novembre.
- Présence d'une dorsale anticyclonique (conséquence du talweg d'altitude) au sud de l'Arabie.
- Renforcement des vents d'Est, apportant de l'humidité (et convergent ?) dans le sud du Golfe d'Aden (Djibouti).

Validation des précipitations simulées par WRF

- ❑ WRF en "convection-permitting" simule de manière plus réaliste les précipitations.
- ❑ Le modèle régional de climat corrige en grande partie les biais hérités d'ERA5.



Situation météorologique au pic de l'événement



- Renforcement des vents d'est.
- Convergence des vents dans les basses couches, avec forte instabilité atmosphérique.
- Ascendances marquées à 500 hPa, amplifiées par les effets orographiques à l'est de Djibouti.
- Pluies intenses simulées (221.5 mm en 6h près d'Arta) et concentrées sur l'Est et le Sud-Est de Djibouti.
- Simulation de champs de pluie WRF cohérents avec les observations.

Situation météorologique du 22 novembre 2019

Conclusion

- ❑ **WRF reproduit avec succès les principales caractéristiques météorologiques dont :**
 - L'eau précipitable intégrée sur la colonne d'air;
 - La circulation atmosphérique.
 - ❑ **Le MRC reproduit le mieux la géographie des précipitations** par rapport aux jeux de données de référence.
 - ❑ **Toutefois, la prévisibilité des maxima locaux reste limitée sans résolution explicite des processus expliquant les précipitations :**
 - L'instabilité de l'atmosphère;
 - l'évolution du potentiel convectif;
 - changements locaux dans la direction des vents;
 - les ascendances orographiques associées.
- ➡ **WRF en "convection-permitting" est un outil précieux pour améliorer la prévision des événements extrêmes et les systèmes d'alerte précoce dans la Corne de l'Afrique.**

Merci pour votre attention!